

Febbraio

2011

Rapporto tecnico N.36



LO STATO DELL'ARTE SULLE SMART GRID: ORIENTAMENTI, ATTORI, PROSPETTIVE

Elena Ragazzi

con i contributi di:
Ettore Bompard, Alberto Stefanini, Enrico Pons, Ning Xie



CERIS Istituto di Ricerche sull'Impresa e Lo Sviluppo

RAPPORTO TECNICO CNR-CERIS
Anno 6, N° 36; febbraio 2011

Direttore Responsabile
Secondo Rolfo

Direzione e Redazione
Ceris-Cnr
Istituto di Ricerca sull'Impresa e lo Sviluppo
Via Real Collegio, 30
10024 Moncalieri (Torino), Italy
Tel. +39 011 6824.911
Fax +39 011 6824.966
segreteria@ceris.cnr.it
<http://www.ceris.cnr.it>

Sede di Roma
Via dei Taurini, 19
00185 Roma, Italy
Tel. 06 49937810
Fax 06 49937884

Sede di Milano
Via Bassini, 15
20121 Milano, Italy
tel. 02 23699501
Fax 02 23699530

Segreteria di redazione
Maria Zittino
m.zittino@ceris.cnr.it

Copyright © Gennaio 2011 by Ceris-Cnr

All rights reserved. Parts of this paper may be reproduced with the permission of the author(s) and quoting the source.
Tutti i diritti riservati. Parti di questo rapporto possono essere riprodotte previa autorizzazione citando la fonte.

LO STATO DELL'ARTE SULLE SMART GRID: ORIENTAMENTI, ATTORI, PROSPETTIVE

Smart Grid state of the art: directions, actors, perspectives

Elena Ragazzi
(Cnr-Ceris)

Ettore Bompard
(Cnr-Ceris, Politecnico di Torino)

Enrico Pons
(Politecnico di Torino)

Alberto Stefanini
(Cnr-Ceris)

Ning Xie
(Politecnico di Torino)

IN COLLABORAZIONE CON:



LO STATO DELL'ARTE SULLE SMART GRID: ORIENTAMENTI, ATTORI, PROSPETTIVE

EXECUTIVE SUMMARY

Questo rapporto presenta una rassegna dello Stato dell'Arte delle Smart Grid in Italia, così da identificare i fattori che ne condizionano lo sviluppo e l'applicazione nel nostro paese, dando altresì conto del quadro complessivo che ne definisce la prospettiva in Europa e nel mondo. Esso identifica i principali attori sia nel settore della ricerca e sviluppo che nel contesto più prettamente applicativo ed industriale, presenta una rassegna dei progetti più importanti avviati in questo settore e discute le opportunità e le barriere ad una più ampia adozione di questa prospettiva tecnologica sul territorio nazionale. Il rapporto è articolato in tre parti:

La **prima parte** provvede una definizione concettuale delle Smart Grid ed identifica in termini sommari i principali fattori economici e tecnologici che spingono e condizionano l'adozione di questo paradigma innovativo nel contesto attuale del sistema elettrico. Ne emerge un panorama articolato, dato che esistono diverse definizioni del concetto stesso di Smart Grid. Il rapporto provvede ad una propria definizione sintetica: *'una rete intelligente consegna l'elettricità prodotta dai generatori ai consumatori utilizzando tecnologie informatiche in modo da risparmiare energia, ridurre i costi, accrescere l'affidabilità e la trasparenza dei sistemi elettrici. Indirettamente questo contribuisce all'indipendenza energetica, alla riduzione del riscaldamento globale, ad aumentare la sicurezza'*. Dunque, con il concetto di Smart Grid si aggiunge capacità di *analisi, monitoraggio, controllo e comunicazione* al sistema di distribuzione (e trasmissione) elettrico, affinché possa *ottimizzare l'efficienza del sistema e contribuire al risparmio energetico*. Sulla scorta di questa definizione, il rapporto illustra le principali caratteristiche delle Smart Grid, che investono la distribuzione delle risorse produttive, l'accumulo di energia, l'impatto ambientale e le problematiche di controllo della rete. I fattori condizionanti lo sviluppo e l'adozione delle Smart Grid includono *l'atteggiamento del mercato, le attese dei consumatori, l'obsolescenza dell'attuale sistema energetico* ed il suo *assetto regolatorio* da un lato, e le tecnologie afferenti dall'altro: *informatica e controllo, nuovi materiali, accumulo, elettronica di potenza e generazione distribuita*.

La **seconda parte** si concentra sull'aspetto della ricerca. Il capitolo illustra la genesi del concetto di Smart Grid, la sua storia ed il percorso della ricerca nel contesto europeo ed italiano. Il concetto nasce in sostanza negli USA, sulla scorta di ricerche dell'EPRI. Sin dall'inizio negli Stati Uniti c'è una forte enfasi sulla sicurezza del sistema, sia perché esso risulta più vulnerabile di quello europeo sia per ragioni strategiche. Il termine viene usato almeno dal 2005, quando apparve nel titolo del lavoro *'Toward A Smart Grid'* di S. Massoud Amin e Bruce F. Wollenberg, apparso su *IEEE Power & Energy Magazine*, Settembre/Ottobre 2005. Il termine tuttavia era in uso anche prima, forse dal 1998. Il progetto CIN/SI all'EPRI, concluso nel 2003 sotto la guida di Massoud Amin, ha avuto un ruolo seminale nel definire il concetto di rete elettrica interattiva intelligente, anche se tutte le premesse per lo sviluppo del concetto stesso vennero poste ben prima, dalla concomitanza di due fenomenologie tecniche nei tardi Anni Ottanta e nel decennio dei Novanta:

- La diffusione capillare dell'automazione per governare le reti elettriche e, in particolare, l'emergere dei contatori intelligenti;
- L'emergere della generazione distribuita in generale, e più specificamente, la spinta mondiale all'adozione di fonti rinnovabili, che sono per natura distribuite sul territorio.

Il contraltare europeo del progetto CIN/SI è la piattaforma denominata *European Technology Platform for the Electricity Networks of the Future*, costituita nel Dicembre 2004: essa raggruppa gli *stakeholder* industriali di riferimento e la comunità di ricerca nel settore ed articola l'intera ricerca europea attorno ad una visione unitaria, che il rapporto illustra in sintesi. Il rapporto provvede anche

una rapida rassegna dei principali progetti europei che hanno costituito il background della piattaforma, ed una rassegna degli attuali progetti applicativi in corso d'opera, alcuni dei quali avranno presumibilmente un impatto molto rilevante sul futuro del sistema elettro-energetico europeo. La situazione europea viene confrontata con quella americana, caratterizzata da una *diversa enfasi sugli aspetti di sicurezza e da un approccio più pragmatico all'innovazione*. Infine si fa riferimento al modello elaborato dalla *European Electricity Grid Initiative*, che identifica sei distinti *livelli funzionali*, per provvedere una visione sintetica dei correnti temi di indagine in Europa.

Il rapporto presenta i principali attori in gioco nel panorama di innovazione in Italia: le *società elettroenergetiche* fra cui spicca Enel, assieme ad ACEA, A2A, CIE, Edison, Eni, IREN e Sogefia, ed i principali *enti di ricerca* nel settore: CNR, Enea e RSE¹. Si riassume il punto di vista degli attori in gioco, raccolti tramite una serie di interviste. Quindi si provvede una rassegna dei principali progetti di ricerca nel contesto italiano. In buona sostanza, a tutt'oggi Enel appare il cardine di tutti i movimenti e di tutte le dinamiche evolutive. Questo implica un potere da *first comer* nello stabilire gli *standard* tecnologici e le direzioni della traiettoria di innovazione. Enel però agisce anche da motore primo, rendendo possibile un continuo avanzamento del sistema elettrico italiano che risulta oggi all'avanguardia mondiale. Nel settore della distribuzione, i primi *contatori dotati di telemisura* sono frutto di un investimento Enel. Nel 2006 l'Autorità ha riconosciuto i vantaggi che il dispositivo arreca al cliente e ha chiesto a tutti i distributori di installare dispositivi di questo tipo. Nel 2000-'01 Enel ha avviato un altro grande progetto per il *telecontrollo degli automatismi della rete di media tensione*, che consente di isolare i guasti a livello di cabina secondaria e ridurre i tempi di intervento della manutenzione. Futuri sviluppi in direzione delle Smart Grid sono indirizzati oggi dal progetto ADDRESS che raggruppa un consorzio di 25 partner fra società di distribuzione, enti di ricerca, *manufacturer* e imprese nel settore ICT ed ha l'obiettivo di rendere possibile la partecipazione al mercato dei piccoli clienti e dello *small business*.

La **parte conclusiva** del rapporto discute l'impatto delle Smart Grid sul sistema economico italiano: si identificano i principali *stakeholder* e se ne discute il coinvolgimento nelle attività di ricerca e nelle future applicazioni, per poi presentare i nodì da sciogliere: *come rendere attiva la domanda, la disponibilità dei dati, la sincronizzazione degli sforzi delle varie tipologie di attori e la ripartizione degli oneri e degli incentivi per l'investimento*. Per quanto riguarda lo stato di avanzamento e le prospettive di sviluppo, nel complesso, la fase delle ipotesi e degli scenari di massima ormai può dirsi superato. Tuttavia, le criticità elencate sopra rendono le imprese ancora *restie a passare ad una fase di piena operatività*, sia pure con qualche significativa eccezione. Per quanto esse siano sufficienti a motivare un atteggiamento di prudenza, non di meno il fatto di trovarsi su un territorio che è la punta di diamante mondiale dovrebbe essere sfruttata come elemento competitivo.

Se oggi negli USA si sta investendo moltissimo sulle Smart Grid, quanto investito in passato e tuttora dall'UE non è da meno, e si deve tener conto che una parte sostanziosa del budget statunitense dovrà essere destinata a coprire il *gap* infrastrutturale per il rinnovamento delle reti (sostanzialmente più arretrate rispetto a quelle europee). A fronte di tali condizioni favorevoli, la posizione degli attori economici è dunque di relativo attendismo perché, se la sensazione della maturità della tecnologia è diffusa, nessuno vuole fare il primo passo in vista dei fattori critici, della difficoltà a prevedere gli scenari (*standard*), e della natura sistemica della tecnologia.

¹ Il nome è stato cambiato da ERSE a RSE recentemente, nel corso della ricerca.

SMART GRID, STATE OF THE ART: DIRECTIONS, ACTORS, PERSPECTIVES

EXECUTIVE SUMMARY

This report provides an overview of the state of the art of smart grids in Italy and pinpoints the factors conditioning their development and application in our country, while providing the overall scenario and perspective regarding Europe and world wide. It identifies the main actors concerning industry, applications and research & development, provides an outline of the main Italian smart grid projects, and discusses drivers and barriers to wider adoption in Italy. The report includes three parts. The **first part** gives a conceptual definition of smart grids and points out the main economic and technical factors driving or conditioning their adoption within the context of present-day electric system. It is shown that there exist many different views of what a smart grid and, starting from that, it reaches its own synthetic definition; *'a smart grid delivers electricity from generators to end users by making use of ICT in such a way as to spare energy, reduce costs, increase reliability and transparency of the power system. Smart grids contribute to energy independency, decrease global warming and increase system security'*. This way smart grids couple *online monitoring, control and optimization capabilities* to power transmission and distribution, in such a way as to achieve *optimum efficiency and reduce global warming*. Based on that definition, the report discusses the main features of smart grids: distributed power generation and energy storage, reduced environmental impact and network control issues. Drivers and barriers for further development and wider adoption include *market pressure, end user behaviors and expectations, power system ageing and its current regulatory framework* on one side, and enabling technologies on the other: *information, communication and control, new materials, energy storage, power electronics and distributed generation*.

The **second part** focuses on relevant research & development projects. The chapter shows how the smart grid concept was born, its story and the overall related research & development in Europe and Italy. The smart grid concept was born in the USA based on seminal research at EPRI. Since the beginning, the US concept stresses on system security, because the US power system is both more vulnerable than the European one, and more likely to be the potential target for cyber wars. The term smart grids was introduced by the paper 'Toward A Smart Grid' by S. Massoud Amin and Bruce F. Wollenberg, published by the IEEE Power & Energy Magazine, September/October 2005.

The CIN/SI project lead by Massoud Amin at EPRI until 2003 had a seminal role in defining the intelligent interactive power network concept, although the main standpoints for developing this concept date back to two technical phenomena late in the eighties and nineties of last century:

- widespread diffusion of power systems controls and especially the emergence of intelligent metering systems;
- emergency of distributed power generation and the drive to wider adoption of renewables which are distributed by their nature.

The European counterpart of the CIN/SI project is the European Technology Platform for the Electricity Networks of the Future, established December 2004: this groups the key industrial stakeholders and the research community and provides a vision for EU research in the area as summarised in this report, together with the key EU projects which gave background to the platform, and an overview of current major application projects: some of them will have substantial impact on the future European power system. The European vision is compared with the US one, where system security aspects prevail and there is stronger emphasis on application. Finally, based on a six layer functional model provided by the European Electricity Grid Initiative, we provide an overview of the current key R&D themes in Europe.

The report presents the main innovation players in Italy: *utilities*, among them Enel plays a key role together with ACEA, A2A, CIE, Edison, Eni, IREN and Sorgenia, and the key *R&D centres*: CNR, Enea and RSE. The views of these players are summarised in the report, as gathered through interviews with their representatives. The report provides an overview of the key R&D projects in Italy. In the main Enel appears to be the key player concerning innovation and development in this area. This brings about a first comer power as far as technology *standards* and innovation dynamics are concerned. At the same time, Enel is the prime mover, and makes possible continuous development of the Italian power system, among the most advanced worldwide.

As far as distribution is concerned, remote metering systems were widespread by Enel since the late nineties based on a company investment. In 2006 the Italian Energy and Gas Authority recognised the advantages on the end user side and made their installation compulsory in the whole of Italy. In 2000-'01 Enel deployed another large project for remote control of the medium voltage power grid, this makes possible fault isolation within secondary power substations and makes maintenance by far more efficient. Future developments of Smart Grids are the object of the ADDRESS project grouping 25 partners among distribution utilities, R&D companies, manufacturers and ICT suppliers to the aim of enabling active demand in the context of the smart grids of the future, i.e. active participation of small and commercial consumers in power system markets and provision of services to the different power system participants.

The **third part** of the report discusses how Smart Grids are impacting on the Italian economy: the main stakeholders are identified joint with their engagement in R&D and future application, and barriers to wider deployment are considered: how enable active demand, how to make data widely available, how to join efforts among several stakeholder categories, how stimulate investments in presence of imperfect benefit appropriation. In the main, as far as application perspectives are considered, the phase of conjecturing and scenario simulation seems to be overcome. However, the critical issues mentioned above make most stakeholders reluctant to engage in wider scale application although there are significant exceptions. While these issues may justify a cautious attitude, the fact that the Italian electric system is among the most advanced worldwide should be exploited as a competitive advantage.

While the US economy is widely investing on smart grids, engagement in the European union is not far beyond, and one must take into account that considerable part of the US investments are to recover the infrastructure gap as far as physical grids are concerned (those are *older/more inadequate/more aged* than the EU ones). Despite these favourable conditions, the prevailing stakeholders attitude looks over cautious because, although technology appears mature, no one wishes to engage in the first step because of the critical issues that remain to be solved, the difficulty to forecast emerging scenarios (especially concerning standards) and the systemic nature of the technology.

INDICE

PREMESSA.....	9
CAPITOLO 1. CONCETTI E SCENARI	12
1.1 <i>Un breve scenario del sistema elettrico oggi</i>	12
1.1.1 Sistema di produzione	13
1.1.2 Sistema di trasmissione	14
1.1.3 Sistema di distribuzione	15
1.2 <i>Concetti fondamentali</i>	16
1.2.1 Molte (troppe?) definizioni di smart grid	16
1.2.2 Una (possibile) definizione sintetica	18
1.2.3 Caratteristiche principali	18
1.2.4 Risorse energetiche distribuite (DER).....	19
1.2.5 Accumulo di energia elettrica (Electrical Energy Storage - EES).....	19
1.2.6 Aspetti ambientali	21
1.2.7 Aspetti di controllo e operativi.....	22
1.3 <i>“Driver” verso le smart grids</i>	23
1.3.1 Driver di politica pubblica.....	23
1.3.1.1 Ristrutturazione elettrica	23
1.3.1.2 Regolamentazioni ambientali	23
1.3.1.3 Sicurezza nazionale	24
1.4 <i>Driver di mercato</i>	24
1.4.1 Competizione	24
1.4.2 L’infrastruttura invecchia.....	25
1.4.3 Richieste dei consumatori	25
1.5 <i>Driver Tecnologici</i>	25
1.5.1 Tecnologie informatiche (IT).....	25
1.5.2 Nuovi materiali.....	26
1.5.3 Accumulo di energia elettrica	27
1.5.4 Elettronica di potenza innovativa.....	27
1.5.5 Tecnologie per l’energia distribuita	27
CAPITOLO 2. LO STATO DELL’ARTE DELLA RICERCA	28
2.1 <i>Genesi e storia di un paradigma</i>	28
2.2 <i>Il panorama europeo: il percorso della ricerca sulle smart grid</i>	30
2.3 <i>La ricerca in Italia</i>	35
2.3.1 Gli attori di ricerca in gioco	35
2.3.2 Le principali società elettroenergetiche.....	36
2.3.3 I progetti realizzati e in corso.....	37
2.3.3.1 Sintesi dei progetti di Ricerca di Sistema	37
2.3.3.2 I progetti RSE.....	39
2.3.3.3 I progetti CNR presso ITAE.....	40
2.3.3.4 I progetti Enea	43
2.3.3.5 I progetti Enel.....	44
2.3.3.6 Progetti di altre società elettriche	45
2.3.3.7 Progetti Europei di Enel, RSE ed Enea	48
2.3.4 La posizione relativa dell’Italia.....	50
2.4 <i>Il confronto con la posizione americana</i>	51
2.5 <i>Conclusioni</i>	53
2.5.1 Perché ci si muove?.....	53
2.5.2 I temi di indagine più importanti.....	55
CAPITOLO 3. L’IMPATTO SUL SISTEMA ECONOMICO	59
3.1 <i>Le categorie di stakeholder coinvolti: ruolo e prospettive</i>	59
3.1.1 Un quadro di interazione complesso	59
3.1.2 Classificazione degli stakeholder	60
3.2 <i>Il coinvolgimento nelle attività di ricerca</i>	66
3.3 <i>I nodi da sciogliere e le prospettive temporali</i>	66

3.3.1	Rendere attiva la domanda	66
3.3.2	La disponibilità dei dati	68
3.3.3	La sincronizzazione degli sforzi delle varie tipologie di attori.....	69
3.3.4	La ripartizione degli oneri (e degli incentivi) per l'investimento.....	70
3.3.5	Avviare le prime sperimentazioni reali	70
3.3.6	I tempi	71
3.4	<i>Problematiche regolatorie</i>	71
3.5	<i>Alcune considerazioni conclusive</i>	72
APPENDICE 1: OPPORTUNITÀ E LIMITI DI APPLICAZIONE ECONOMICA		74
APPENDICE 2: LISTA DEGLI ACRONIMI		78
BIBLIOGRAFIA		80

PREMESSA

Lo scenario mondiale della produzione d'energia elettrica sta mutando rapidamente e, citando il presente rapporto, "il paradigma del sistema di generazione sta cambiando, spostando l'attenzione dalle tradizionali fonti energetiche non rinnovabili (combustibili fossili, nucleare), sia sulle fonti energetiche rinnovabili (idrico, eolico, fotovoltaico), sia su fonti alternative e innovative quali le celle a combustibile".

Il variare delle condizioni di produzione e l'utilizzo di fonti rinnovabili sposta, dunque, il focus d'attenzione dalla localizzazione geografica ben definita delle fonti energetiche e degli impianti per la loro trasformazione, ad una distribuzione più capillare sul territorio. L'energia eolica e solare, per citare le più note, sono "a disposizione" di innumerevoli ipotetici produttori, che possono immettere nel sistema quantità d'energia in surplus e trasformare il tradizionale concetto di consumatore finale in prosumer. È ovvio che il contesto tecnologico ed economico conseguente sia in rapida mutazione.

Un'azienda di consulenza IT, fortemente orientata all'innovazione come Wave Group, deve necessariamente studiare e seguire i trend in atto e affiancarsi a partner di ricerca di alto livello quali il CNR, con l'obiettivo di comprenderne le mutazioni e coglierne le opportunità di mercato.

Un recente rapporto pubblicato da Bloomberg (New Energy Finance) afferma che, a livello mondiale, nel 2010 sono stati investiti 243 miliardi di dollari nel settore delle energie rinnovabili: con un aumento pari a cinque volte la cifra registrata nel 2004, al doppio di quella del 2006 e al 30% in più rispetto al 2009. Il rapporto rileva, inoltre, come gli investimenti in centrali di piccole dimensioni per la produzione distribuita di energia siano cresciuti del 91% in un anno, toccando la quota di 59.6 miliardi di dollari.

Il driver per integrare questo cambiamento nei sistemi produttivi e distributivi, e per permettere che i suoi benefici arrivino all'utente finale, è necessariamente l'Information Technology. L'ossatura sui cui poggeranno gli sviluppi futuri sarà una nuova infrastruttura di trasmissione e distribuzione d'energia elettrica "intelligente", la smart grid.

Già oggi, a fianco dei responsabili dei sistemi produttivi sono sempre più presenti gli IT Manager, che supportano le decisioni strategiche e governano lo sviluppo dei processi innovativi, con un'attenzione particolare agli scenari a medio e lungo termine.

Immaginiamo una città "intelligente", con un'infrastruttura di trasmissione dell'energia elettrica, che trasformi l'attuale sistema di misurazione dei consumi, in un network di comunicazione dinamico, bidirezionale, veloce e in real-time, che converta i punti di distribuzione territoriale in nodi di trasmissione di dati e ne ottimizzi i consumi. Quali e quanti sarebbero i vantaggi?

Pensiamo a uno scenario simile all'Internet degli albori, dove le nuove potenzialità tecnologiche, e in particolare il flusso d'informazioni legato alla trasmissione d'energia,

permetta di installare nelle case dei device, per guidare l'utilizzo dei singoli apparecchi elettrici, metterli in rete fra di loro e, di conseguenza, far “esplodere” l'ecosistema dei servizi collegati. Una smart grid, che renda possibile integrare alla rete di distribuzione un sistema “plug-in” di ricarica di dispositivi alimentati da fonti di energia alternativa (es. auto elettriche) o che diminuisca drasticamente i picchi di consumo energetico, favorendo una politica tariffaria variabile e regolata dai reali consumi dei singoli utenti.

La tecnologia è pronta per questo salto di qualità e l'Italia è leader mondiale nella diffusione dei dispositivi di monitoraggio “intelligente” dei consumi, gli smart meter, che sono uno dei tasselli fondamentali per la realizzazione concreta di questo scenario innovativo.

Era necessario, a nostro avviso, un lavoro di sistematizzazione e raccolta d'informazioni sul tema, un'analisi dello “stato dell'arte”, che aiutasse a capire gli scenari in atto e il potenziale ruolo che il nostro paese potrà giocare nei prossimi anni.

È con piacere, quindi, che ringrazio il team di ricercatori guidati da Elena Ragazzi del Ceris-CNR e, in particolare, Alberto Stefanini (Ceris) che ha svolto con competenza l'approfondimento sui progetti di ricerca ed Ettore Bombard (Ceris e Politecnico di Torino), per la sua supervisione scientifico-ingegneristica.

Buona lettura.

Massimo Sgrelli

Managing Partner e Co-Founder di Wave Group



CAPITOLO 1. CONCETTI E SCENARI

1.1 Un breve scenario del sistema elettrico oggi

Il paradigma tradizionale del sistema elettrico, da un punto di vista eminentemente fisico e tecnico, comprende quattro componenti principali: la generazione, la trasmissione, la distribuzione e l'utilizzazione. La rete elettrica (il termine "rete" si riferisce spesso alle reti elettriche su scale diverse, per estensione geografica e per livello di tensione), consegna l'energia elettrica dai punti di produzione ai consumatori tramite i due principali sistemi: quello di trasmissione e quello di distribuzione. L'energia elettrica prodotta nelle centrali di produzione è inizialmente trasformata a un livello di tensione più elevato ed immessa nel sistema di trasmissione. Questo trasferisce la potenza su lunghe distanze e alimenta poi ai suoi terminali delle sottostazioni di distribuzione in alta tensione (AT), dove la tensione è nuovamente abbassata in sottostazioni e cabine in AT e MT (alta e media tensione) che distribuiscono infine l'energia agli utenti finali alle diverse tensioni previste dal loro contratto di utenza.

Oggi il sistema elettrico in tutto il mondo invecchia, è inefficiente, altamente inquinante e incapace di soddisfare le future esigenze energetiche senza modifiche operative e ingenti investimenti di capitale.

Recentemente, inoltre, le funzioni e le attività del sistema elettrico iniziano a coinvolgere, oltre al trasferimento di energia, anche la trasmissione di informazioni, dando origine ad una gamma crescente di prodotti, servizi e applicazioni per i settori industriale, residenziale e terziario.

Da un punto di vista economico il settore elettrico è stato rivoluzionato dall'introduzione del regime di concorrenza in alcune fasi per le quali non sussistono condizioni di monopolio naturale. Mentre trasmissione e distribuzione restano monopoli naturali nel loro ambito territoriale di competenza, la riduzione della scala efficiente minima degli impianti, soprattutto in relazione alle dimensioni del mercato, ha reso possibile di introdurre il sistema di mercato nelle fasi di generazione e nella fase commerciale finale di vendita al cliente. L'elettricità resta però un servizio pubblico (obbligo di servizio universale) e un bene di primaria importanza per l'economia e per una sussistenza dignitosa, quindi l'introduzione della concorrenza è stata accompagnata da un ampio processo regolatorio e dalla costituzione di un'Autorità che vigila sul settore. Nelle fasi caratterizzate da monopolio naturale, e in particolare nella distribuzione, meccanismi per controllare e incentivare l'efficienza (quali la yardstick

competition² il price-cap) sono stati introdotti, affinché i benefici attesi dall'introduzione della concorrenza non fossero annullati dalla persistenza di nicchie di inefficienza.

In Italia il passaggio dalla situazione di monopolio a quella di concorrenza è stato piuttosto lento, non solo perché così stabilito dal decreto Bersani,³ ma anche per la presenza di un forte precedente monopolista e per l'incertezza su come realizzare concretamente il mercato. Non è stato il caso in altri settori precedentemente sottoposti a controllo diretto da parte dello stato. Il caso delle telecomunicazioni è in effetti stato radicalmente diverso: mentre l'ex monopolista ha mantenuto a lungo il predominio nella telefonia fissa, la concorrenza si è potuta rapidamente affacciare nei nuovi mercati aperti dall'innovazione tecnologica. Nel settore elettrico invece la perdita di peso del monopolista si sarebbe potuta realizzare solo attraverso una massiccia riduzione della sua quota di capacità produttiva o attraverso la costruzione di nuove centrali da parte dei nuovi concorrenti.

Certo il processo è ancora in corso, ma ad oggi gli attesi benefici per i consumatori sono difficilmente riscontrabili. In termini di prezzo questo continua ad essere pesantemente influenzato dall'andamento dei prezzi internazionali dei combustibili fossili, com'è d'altronde prevedibile in un paese in cui ci si è allontanati dall'opzione del nucleare e che è quasi completamente dipendente dall'estero per l'acquisto di combustibili. Questo si riflette in un il prezzo medio della borsa elettrica italiana che è sensibilmente più elevato (anche il doppio) rispetto agli altri paesi europei.

Nei sotto-paragrafi seguenti verranno dettagliati i principali cambiamenti in corso e le sfide che i vari sotto-sistemi che contribuiscono al servizio elettrico devono fronteggiare.

1.1.1 Sistema di produzione

Il paradigma del sistema di generazione sta cambiando, spostando l'attenzione dalle tradizionali fonti energetiche non rinnovabili (combustibili fossili, nucleare), sia sulle fonti energetiche rinnovabili (idrico, eolico, fotovoltaico) e sia su fonti alternative e innovative quali le celle a combustibile. In modo corrispondente, il profilo della generazione elettrica è in continua evoluzione dal punto di vista dell'impatto ambientale, come testimoniato dal passaggio dalle molto inquinanti centrali termoelettriche centralizzate, alle più efficienti centrali pulite di nuova generazione, fino

² Cioè la comparazione delle prestazioni di operatori simili in contesti territoriali differenti.

³ Ad esempio, la facoltà di scegliere il proprio fornitore è stata data inizialmente solo ai grandi clienti industriali con un consumo annuo superiore a 1,000,000 kWh, creando, di fatto, una segmentazione tra mercato libero e mercato vincolato. Progressivamente, la soglia è stata abbassata e, dal luglio 2007, la liberalizzazione del settore della vendita può dirsi completa dopo l'estensione a tutti i clienti anche domestici.

ad arrivare a quelle alimentate da fonti rinnovabili a ridotto⁴ impatto sulle emissioni di carbonio e impatto minimo sull'ambiente.

Un'altra grande trasformazione cui si assiste nel sistema di generazione riguarda la taglia degli impianti di produzione: nello scenario precedente prevalevano impianti di grande scala, che erano preferibili per le forti economie di scala (le quali a loro volta erano la giustificazione per la scelta del monopolio pubblico) e che dovevano essere collocati lontani dai centri abitati (e presumibilmente dai luoghi di utilizzo). La tendenza attuale vede invece la nuova capacità di generazione orientarsi soprattutto verso piccoli e micro impianti distribuiti e integrati nei siti industriali, commerciali e persino residenziali.

Oltre alle due trasformazioni citate, ormai già chiaramente in atto e indotte dall'evoluzione tecnologica nel campo della generazione, una grande sfida attende il sistema di produzione, rischiando, se non adeguatamente gestita, di trasformarsi in criticità. Molte delle centrali esistenti furono costruite trenta o più anni fa e stanno per essere chiuse. Se si considera il pensionamento previsto, ormai a breve termine per queste centrali, congiuntamente con le prospettive di crescita economica e di crescita prevista nella domanda di energia elettrica (solo in parte collegata alla crescita economica, in quanto causata anche dall'innovazione tecnologica che allarga la gamma di tecnologie di produzione alimentate da elettricità), è assolutamente richiesta l'installazione di nuova capacità di generazione. Si tratta di una sfida enorme che richiede un impegno elevato di risorse tecnologiche, finanziarie e umane nei prossimi anni.

1.1.2 Sistema di trasmissione

Essendo un monopolio naturale, il sistema di trasmissione in AT rimane escluso dall'introduzione della concorrenza. Per questo motivo in Italia (analogamente a quanto accaduto negli altri paesi in cui sia stata introdotta la concorrenza nel settore elettrico) la sua proprietà è stata scorporata dall'ex monopolista e affidata a un soggetto indipendente a controllo pubblico (Terna S.p.A).

Le sfide affrontate dal sistema di trasmissione negli scenari prossimi venturi includono principalmente:

- Il problema della possibilità di trasferire energia prodotta da fonti rinnovabili su lunghe distanze (es. il solare dal deserto).

⁴ Anche se la generazione di elettricità da fonti rinnovabili non produce anidride carbonica, l'impatto di tali fonti energetiche non può comunque considerarsi nullo, in quanto occorre conteggiare il contributo alle emissioni di gas serra derivante dalle attività di produzione, installazione e gestione degli impianti.

- La necessità di allacciamento di quantità sempre maggiori di fonti rinnovabili la cui produzione non è facilmente prevedibile e, spesso, non è ubicata in prossimità dei punti di utilizzo.
- La gestione complessa di flussi di potenza aleatori e meno controllabili a causa dell'introduzione dei mercati elettrici, oltre che della nuova struttura territoriale del parco di generazione.
- Investimenti annuali ridotti nell'espansione del sistema di trasmissione e quindi percorsi più congestionati e maggiori costi legati alla rete.
- Bassa accettabilità sociale di nuove infrastrutture per la trasmissione di energia a fronte di una crescente domanda di trasporto per i primi due punti elencati

1.1.3 Sistema di distribuzione

Un sistema di distribuzione ha origine in una sottostazione di distribuzione (AT, MT e BT) e termina presso il contatore del cliente; materialmente esso è costituito dalle linee, dai pali, dai trasformatori, dagli interruttori, dai relè di protezione e da tutte le altre strutture necessarie per trasferire l'energia elettrica dal sistema di trasmissione al cliente, alla tensione richiesta⁵. I clienti sono di solito classificati in base al tipo di attività, in particolare come *clienti industriali*, *clienti commerciali* e *clienti residenziali* e in base alla dimensione dei consumi. Al di là del contatore si trova l'impianto elettrico del cliente, che consiste di cavi, attrezzature e apparecchi (riscaldamento, raffrescamento, cottura, refrigerazione, illuminazione, audio, calcolo, intrattenimento, trazione...) - un gran numero dei quali coinvolge controllo computerizzato ed elettronica.

I sistemi di distribuzione sono monopoli locali naturali; Questo significa che non è possibile prevedere sullo stesso territorio la compresenza di due o più operatori in concorrenza, in quanto la duplicazione della rete avrebbe costi proibitivi che vanificherebbero tutti i benefici della concorrenza.

Le nuove sfide che i sistemi di distribuzione si trovano a dover fronteggiare sono:

- rendere possibile una risposta della domanda alle variazioni di prezzo;
- integrare la generazione distribuita di piccola taglia;
- incorporare l'intelligenza negli investimenti sulla rete e sull'utente finale.

Già oggi l'efficienza energetica e il rinnovamento della struttura dei sistemi di distribuzione sono spinte dalla regolamentazione (yardstick competition, price-cap, obblighi tecnici). In Italia l'Autorità ha adottato numerosi provvedimenti in tal senso,

⁵ <http://www.smartgridlearninginstitute.com/index.php/smart-grid-101/electric-grid-an-overview/oshagov-glossary>

basati sia su obblighi per le imprese che gestiscono le reti, sia su misurazione delle prestazioni, sia su incentivi che permettono di devolvere percentuali della tariffa a copertura di particolari investimenti delle imprese distributrici. Tali provvedimenti, oltre che in alcuni casi gli immediati benefici in termini di risparmio dei costi, hanno indotto le imprese distributrici ad adottare numerose innovazioni. Consistenti investimenti sono già stati effettuati nell'ottica di migliorare il livello di automazione e telecontrollo dei sistemi di distribuzione.

1.2 Concetti fondamentali

1.2.1 Molte (troppe?) definizioni di smart grid

All'interno degli esperti di energia ed elettricità, le smart grid sono l'argomento "fashion" del periodo, tanto da raggiungere spesso, in sé o con un qualche loro aspetto collaterale, le pagine delle riviste non specializzate.

Tutto questo brusio non aiuta a comprendere né di cosa si tratti né lo stato di avanzamento della traiettoria tecnologica. A dimostrazione di seguito sono portate alcune definizioni di smart grid, derivanti da fonti diverse (scientifiche, istituzionali, enciclopedie, riviste) che, se permettono da un lato di convergere su un'idea, dall'altro aiutano a comprendere come essa sia complessa e variegata e che quindi possa essere interpretata con accenti diversi a seconda dei punti di vista (questo verrà approfondito nel secondo capitolo confrontando la posizione europea con quella statunitense).

1) Una smart grid trasferisce energia elettrica da fornitori ai consumatori utilizzando una tecnologia digitale a due vie per controllare gli apparecchi al domicilio dei consumatori per risparmiare energia, ridurre i costi e aumentare l'affidabilità e la trasparenza. Tale rete elettrica moderna è promossa da molti governi come un modo di affrontare l'indipendenza energetica, il riscaldamento globale e le questioni di robustezza in emergenza. (Wikipedia)

2) Reti elettriche che possono integrare in modo intelligente il comportamento e le azioni di tutti gli utenti ad esse collegati – i generatori, i consumatori e quelli che fanno entrambe le cose - al fine di fornire in modo efficiente, sostenibile, economico e sicuro le forniture di elettricità. (European Technology Platform SmartGrids)

3) [...] una smart grid è essenzialmente una modernizzazione degli aspetti di trasmissione e distribuzione della rete elettrica. In termini di trasmissione, una rete

intelligente rende più facile la fornitura di energia da fonti alternative come eolico e solare da impianti rurali verso i centri città. La distribuzione è importante tanto quanto le capacità di trasmissione nell'aggiornamento della nostra rete elettrica. Una smart grid fornisce energia elettrica utilizzando la tecnologia digitale che registra il consumo di energia con contatori intelligenti, speciali contatori elettrici che trasmettono immediatamente le informazioni di utilizzo di energia alle società elettriche tramite reti wireless. I contatori intelligenti consentono anche di tracciare il nostro uso di energia ora per ora su Internet e con programmi di terze parti per computer. (<http://www.inhabitat.com/2009/04/30/energy-101-what-is-a-smart-grid/>)

4) La Smart Grid non è un oggetto, ma piuttosto una visione e per essere completa, tale visione deve essere espressa da varie prospettive i suoi valori, le sue caratteristiche, e le tappe per la sua realizzazione.

(http://www.smartgridnews.com/artman/publish/commentary/What_Is_the_Smart_Grid-567.html)

5) [...] una rete elettrica completamente automatizzata che monitora e controlla ogni cliente e nodo, garantendo un flusso bidirezionale di energia elettrica e di informazioni tra la centrale elettrica e l'apparecchio, e tutti i punti in mezzo. La sua intelligenza distribuita, insieme con le comunicazioni a banda larga e i sistemi di controllo automatizzato, permette transazioni in tempo reale e interfacce senza soluzione di continuità tra le persone, edifici, impianti industriali, impianti di generazione e la rete elettrica. (Department of Energy Grid 2030)

6) I molti significati di "Smart Grid": una Smart Grid non è né un unico concetto chiaramente definito, né una singola tecnologia. Piuttosto è come un cestino contenente varie combinazioni di palle. Il contesto e l'interpretazione dipendono dall'utente. Carnegie Mellon University ha recentemente pubblicato un articolo che descrive tutte le varie palle tipiche di questo cestino metaforico. Alcune di esse rappresentano innovazioni che sono ancora in fase di sviluppo, mentre altre rappresentano tecnologie che sono già state applicate da anni. (Carnegie Mellon University)

7) Che cosa significa "intelligenza"? La smart grid non fornisce solo energia ma anche informazioni e di intelligenza. L'"intelligenza" si manifesta in un migliore utilizzo di tecnologie e soluzioni per meglio pianificare e gestire le reti elettriche esistenti, per controllare in modo intelligente la produzione e per permettere nuovi servizi energetici e miglioramenti di efficienza energetica. (<http://www.smartgrids.eu/?q=node/163>)

1.2.2 Una (possibile) definizione sintetica

Con il concetto di smart grid si aggiunge capacità di analisi, monitoraggio, controllo e comunicazione al sistema di distribuzione (e trasmissione) elettrico, affinché possa ottimizzare l'efficienza del sistema e contribuire al risparmio energetico.

Una rete intelligente consegna l'elettricità prodotta dai generatori ai consumatori utilizzando tecnologie informatiche in modo da risparmiare energia, ridurre i costi, accrescere l'affidabilità e la trasparenza dei sistemi elettrici.

Indirettamente questo contribuirebbe all'indipendenza energetica, alla riduzione del riscaldamento globale, ad aumentare la sicurezza.

La definizione è, in fondo, semplice e generica. Si tratta di aggiungere un po' di informatica alle reti elettriche! In che cosa questo è rivoluzionario e come questo potrebbe permettere di arrivare a obiettivi così ambiziosi?

1.2.3 Caratteristiche principali

Le smart grid sono caratterizzate dalle seguenti qualità: Esse sono:

- *Intelligenti*: integrando sensori "intelligenti" e apparecchiature di controllo e quindi in grado di effettuare calcoli, comunicare, misurare.
- *Motivanti*: consentendo una partecipazione attiva da parte dei consumatori. Le Smart Grid permetteranno comunicazioni in tempo reale tra consumatore ed ente distributore. Queste comunicazioni forniranno ai consumatori le informazioni, gli strumenti per il controllo e le opzioni che rendono possibile adattare il consumo di energia o impegnarsi in nuovi mercati dell'energia elettrica in base alle preferenze individuali (sia legate direttamente all'utilità dell'energia elettrica, sia a motivazioni extra-economiche quali sono le preoccupazioni ambientali). I Gestori di rete tratteranno i consumatori disponibili come risorse nella gestione quotidiana della rete, facilitando così lo spostamento del picco di domanda e la formulazione dei prezzi in tempo reale. Riescono in questo scopo
- *Aperte*: accettando l'energia da qualsiasi fonte di combustibile e sostenendo le nuove tecnologie, i nuovi servizi e i nuovi mercati. Le smart grid integrano perfettamente tutti i tipi e formati di generazione elettrica e i sistemi di accumulo. Queste nuove tecnologie, alcune delle quali ormai collaudate sul mercato, devono essere messe in linea con processi semplificati per l'interconnessione e standard universali di interoperabilità, per supportare un livello di convenienza "plug-and-play". Grandi centrali, comprese le fonti pulite dal punto di vista ambientale, come i campi eolici e fotovoltaici e gli avanzati impianti nucleari, continueranno a svolgere un ruolo importante, anche se saranno introdotte un gran numero di risorse distribuite minori.

- *Incentrate sulla qualità*: in quanto permettono di prevenire buchi di tensione, picchi, disturbi e interruzioni.
- *Capaci di autodiagnosi e riparazione*: riconoscendo e rispondendo automaticamente a disturbi e riprendendosi velocemente da essi.
- *Robuste*: resistendo sempre più ad attacchi deliberati, disastri naturali ed eventi accidentali.

Vediamo ora di seguito alcuni elementi importanti che entrano nella visione di smart grid.

1.2.4 Risorse energetiche distribuite (DER)

Le risorse energetiche distribuite (Distributed Energy Resources - DERs) indicate anche come *generazione distribuita* o *generazione dispersa*, sono tecnologie di generazione su piccola scala (tipicamente nel range da 3kW a 10,000 kW) situate vicino ai carichi da alimentare e utilizzate per fornire un'alternativa o un supporto al sistema elettrico tradizionale. I vantaggi dello sviluppo delle DER sono un abbassamento dei costi di generazione, un aumento dell'affidabilità, la riduzione delle emissioni ed un aumento delle opzioni energetiche.

Se si classificano le fonti energetiche in funzione della loro rinnovabilità e variabilità, si possono identificare tre categorie:

- Non rinnovabili e non variabili: carbone, gas, nucleare, fuel cell;
- Rinnovabili e non variabili: idroelettrico (inclusi gli accumuli con pompaggio), biomassa, geotermico;
- Rinnovabili e variabili: eolico, solare (solare fotovoltaico e a concentrazione).

Al di fuori di carbone, nucleare e idroelettrico (salvo piccole eccezioni), le altre fonti possono essere utilizzate sul sito di utilizzo e quindi possono appartenere alla categoria delle DER.

1.2.5 Accumulo di energia elettrica (Electrical Energy Storage - EES)

L'accumulo di energia elettrica (Electrical Energy Storage - EES) usa forme di **energia**, ad es. chimica, cinetica o potenziale, per accumulare **energia** che sarà successivamente convertita in **energia** elettrica. Quest'accumulo può fornire tre servizi di base: soddisfare i picchi di domanda di energia elettrica utilizzando quella accumulata durante i periodi di bassa richiesta, bilanciare le fluttuazioni di domanda e offerta di energia elettrica su un intervallo temporale di secondi e minuti, e rimandare l'espansione della capacità della rete elettrica.

Le principali opzioni tecnologiche per l'EES includono:

- *Idroelettrico con pompaggio*: L'accumulo idroelettrico con pompaggio utilizza l'energia elettrica a basso costo generata nei periodi di bassa domanda per pompare acqua da un bacino inferiore (es. un lago) ad un bacino a quota superiore. Durante i periodi di alta domanda (e di alti prezzi) di energia elettrica, l'acqua viene lasciata scorrere nuovamente verso il bacino a valle, azionando le turbine per generare energia elettrica come nelle centrali idroelettriche tradizionali. L'accumulo idroelettrico con pompaggio è appropriato per il livellamento del carico perché può essere realizzato per grandi capacità di centinaia-migliaia di megawatt (MW) e scaricato in lunghi periodi di tempo (da 4 a 10 ore)⁶.
- *Aria compressa*: L'accumulo con aria compressa (Compressed Air Energy Storage - CAES) è una tecnologia ibrida di generazione/accumulo in cui l'energia elettrica è utilizzata per iniettare l'aria ad alta pressione in formazioni geologiche sotterranee. Quando la domanda di energia elettrica è alta, l'aria compressa viene rilasciata dal sottosuolo ed utilizzata per aiutare l'azionamento di turbine a gas naturale. L'aria compressa permette alle turbine di generare energia elettrica utilizzando una quantità di gas naturale di gran lunga inferiore. Anche il CAES è appropriato per il livellamento del carico perché può essere realizzato con capacità di poche centinaia di MW e può essere scaricato su lunghi periodi di tempo (4-24 ore)
- *Batterie ricaricabili*: per l'EES possono essere utilizzate varie tipologie di batterie ricaricabili su larga scala, fra cui quelle al solfuro di zolfo (NaS), agli ioni di litio, batterie "Zebra" ad alte temperature, batterie Redox. Le batterie possono essere utilizzate sia per la qualità dell'energia elettrica sia per il livellamento dei carichi. In aggiunta, se diventassero diffusi veicoli ibridi elettrici (plug-in hybrid electric vehicles - PHEVs), o elettrici puri, le loro batterie di bordo potrebbero essere utilizzate per l'EES, fornendo un certo supporto o servizi "ancillari" nel mercato elettrico, come fornire capacità, riserva rotante, servizio di regolazione, o in alcuni casi, fornendo livellamento dei carichi o la possibilità di guadagnare sulle differenze di prezzo dell'energia ricaricandosi quando la domanda è bassa e fornendo energia durante i picchi di domanda.
- *Accumulo di energia termica*: Ci sono due tipi molto diversi di accumulo di energia termica (Thermal Energy Storage - TES): TES applicabili ad impianti solari termici e TES per utenti finali. IL TES per impianti solari termici consiste nell'accumulo dell'energia del sole in olio sintetico o sali fusi sotto forma di calore catturato dalla centrale elettrica solare per garantire una produzione di energia quasi costante durante periodi nuvolosi durante la giornata o per prolungare la produzione elettrica per 1-10 ore dopo il tramonto. I TES per gli utenti finali accumulano energia nei periodi di bassa domanda utilizzando un accumulo di caldo o di freddo in acquiferi sotterranei, serbatoi di acqua o ghiaccio od altri materiali di accumulo ed utilizzano

⁶ Dan. Rastler, "New Demand for Energy Storage." Electricity Perspectives. Sept/Oct., 2008.

l'energia accumulata in questo modo per ridurre il consumo di energia elettrica per riscaldamento o raffrescamento di edifici durante i periodi di picco di domanda di energia elettrica.

- *Idrogeno*. L'accumulo mediante idrogeno può essere utilizzato per livellamento del carico o power quality. L'accumulo mediante idrogeno prevede l'utilizzo di energia elettrica per separare l'acqua in idrogeno e ossigeno mediante un processo chiamato elettrolisi. Quando è richiesta nuovamente energia elettrica, si può utilizzare l'idrogeno per la generazione in un motore a combustione o in celle a combustibile.
- *Volani*. Si tratta di una tecnologia che può essere utilizzata in applicazioni di *power quality* perché possono essere caricati e scaricati spesso e velocemente. In un volano l'energia è accumulata facendo accelerare un disco rotante. Per recuperare l'energia accumulata, il processo s'inverte e si utilizza il motore da generatore frenando il disco rotante.
- *Supercondensatori*. Si tratta di apparecchiature elettriche che consistono in due superfici metalliche caricate di segno opposto e separate da un isolante. Il supercondensatore accumula energia elettrica aumentando la carica accumulata sulle piastre metalliche e si scarica quando le cariche sono rilasciate dalle superfici metalliche. I supercondensatori potrebbero essere impiegati per migliorare la power quality perché possono fornire picchi elevati di energia ma per brevi periodi di tempo (sotto un secondo) ed accumulare energia per pochi minuti.
- *Accumulo di energia magnetica mediante superconduttori (Superconducting Magnetic Energy Storage - SMES)*. L'accumulo di energia magnetica mediante superconduttori (Superconducting Magnetic Energy Storage - SMES) consiste in un avvolgimento con molte spire di filo superconduttore che accumula e rilascia energia mediante aumento o diminuzione della corrente che circola nell'avvolgimento. Sebbene lo SMES in sé sia altamente efficiente e non abbia parti in movimento, deve essere refrigerato per il mantenimento delle proprietà superconduttive dei materiali e quindi comporta costi energetici e di manutenzione. Gli SMES sono utilizzati per migliorare la power quality perché forniscono brevi picchi di energia (in meno di un secondo).

1.2.6 Aspetti ambientali

Gli inquinanti di riferimento (Criteria pollutants) sono sei comuni inquinanti dell'aria che la comunità scientifica ha stabilito essere dannosi per la nostra salute e benessere se presenti in certe concentrazioni. Comprendono ossidi di Azoto (NO_x), monossido di carbonio, ozono, piombo, Ossidi di zolfo (SO_x) ed il particolato (sporcizia, fuliggine, scarichi di auto e camion, fumo di sigaretta, gocce di vernice spray, composti chimici e

tossici)⁷. Ci si riferisce a questi inquinanti come “Criteria Pollutants” perchè sono stati stabiliti limiti alle loro emissioni e concentrazioni. L’impatto ambientale delle smart grid andrà valutato in termini di questi inquinanti di riferimento e di contributo alla riduzione delle immissioni di anidride carbonica nell’atmosfera.

Entrambi gli obiettivi possono essere perseguibili attraverso:

- un contenimento dei consumi globali;
- un contenimento dei consumi nelle ore di punta, che implicano il ricorso ad impianti di riserva, meno efficienti, più vecchi e quindi con maggiore impatto sull’ambiente;
- una sostituzione delle fonti tradizionali a forte impatto ambientale ⁸ con fonti rinnovabili.

Le smart grid dovrebbero contribuire a tali obiettivi:

- rendendo possibile un massiccio e diffuso ricorso alle fonti rinnovabili
- favorendo un consumo più consapevole (e quindi contenuto e meno concentrato in alcuni orari)
- riducendo le perdite della rete stessa.

1.2.7 Aspetti di controllo e operativi

Il funzionamento in isola è la capacità della generazione distribuita di far coincidere generazione e domanda a livello territoriale, mantenendo il sistema funzionante (frequenza, limiti delle linee, profilo di tensione...) in una porzione del sistema di distribuzione (AT/MT/BT) anche quando il sistema è isolato. In tal senso si dice che le smart grid contribuiscono alla sicurezza e affidabilità del sistema. *L’affidabilità* del sistema elettrico si riferisce alla probabilità di funzionamento soddisfacente su un lungo periodo. Denota la capacità di fornire un adeguato servizio elettrico su base quasi continua, con poche interruzioni in un lungo periodo di tempo. *La sicurezza* di un sistema elettrico si riferisce alla sua abilità a sopravvivere ad improvvisi disturbi senza l’interruzione del servizio ai clienti. E’ legata alla robustezza del sistema e quindi dipende dalle condizioni di funzionamento e dalla probabilità degli eventi che possono ostacolare o impedire il funzionamento stesso.

⁷ <http://science.jrank.org/pages/154/Air-Pollution.html>

⁸ Va ricordato che persino il nucleare, pur non immettendo (eccetto in caso di guasto) sostanze inquinanti nell’ambiente, non ha un impatto ambientale nullo. L’attività di estrazione dell’uranio e di trattamento dell’uranio grezzo sono infatti attività industriali che consumano combustibili e immettono CO₂ nell’atmosfera. In particolare, essendo i giacimenti di uranio disponibili sempre più profondi, il costo (monetario ma anche in termini di anidride carbonica) di estrazione del minerale sarà nei prossimi anni crescente).

1.3 “Driver” verso le smart grids

Dei tanti fattori che plasmeranno le condizioni future del settore dell'energia elettrica per i prossimi 20-30 anni, i quali saranno i più importanti "driver", verso un sistema elettrico modernizzato e ampliato del ventunesimo secolo? Si possono distinguere i cambiamenti innescati da politiche o normative pubbliche, le spinte del mercato e le opzioni indotte dal progresso tecnologico.

1.3.1 Driver di politica pubblica

1.3.1.1 Ristrutturazione elettrica

Uno dei driver più significativi fra le politiche pubbliche è la ristrutturazione del settore dei servizi elettrici. Disticare e concludere il processo di liberalizzazione raggiungendo gli obiettivi inizialmente proposti è una delle sfide principali di ordine pubblico. Nel passaggio dal controllo diretto pubblico al mercato, si è sofferto di un'insufficiente pianificazione integrata della localizzazione delle nuove strutture di produzione e trasmissione. Nella fase di transizione i meccanismi basati sul mercato per incentivare un comportamento positivo degli investimenti (in termini tecnici si dice la loro ottima allocazione) si sono rivelati insufficienti e il parziale fallimento del mercato ha esacerbato i problemi di congestione della rete e ha portato alla scelta poco oculata dei siti di generazione. La mancanza di consenso nella regolamentazione elettrica interferisce con l'espansione e la modernizzazione della rete. Modifiche del quadro normativo sono necessarie per creare un clima più favorevole all'assunzione di rischi e all'imprenditoria.

1.3.1.2 Regolamentazioni ambientali

Un altro driver significativo riguarda la regolamentazione delle conseguenze ambientali, di salute pubblica e di sicurezza della produzione, distribuzione e uso di energia elettrica. Questo comprende anche l'inquinamento dell'aria, le emissioni di gas serra, l'uso del suolo, e gli impatti sulle acque, nonché le normative di sicurezza relative al sistema elettrico e alle apparecchiature che impiegano elettricità.

Trovare il modo di affrontare le preoccupazioni del pubblico, ridurre l'impatto dei nuovi progetti infrastrutturali, e risolvere la sindrome del "non nel mio cortile" è un compito arduo della politica energetica. E' importante altresì ridurre i costi inutili (di tempo così come di denaro) associati ai processi di scelta del sito ed emissione dei permessi complessi, burocratici e multi-giurisdizionali. Riconciliare il legittimo uso locale del territorio e le preoccupazioni ambientali con l'imperativo di raggiungere gli standard di distribuzione ed affidabilità elettrica richiede la rapida realizzazione di tecnologie di rete altamente efficaci, non intrusive, ed a basso impatto ambientale.

Storicamente, i requisiti ambientali sono stati una fonte di stimolo per lo sviluppo di nuove tecnologie di controllo post-combustione per soddisfare gli standard di salute e di sicurezza. Tuttavia, le normative ambientali non hanno né premiato né stimolato nuovi approcci all'efficienza. Oggi, trovare il modo di razionalizzare gli obblighi ambientali può essere un mezzo più efficace per stimolare il rinnovo del parco generazionale attraverso l'installazione di nuove tecnologie elettriche. Le regole odierne sulla qualità dell'aria sono in gran parte soddisfatte con l'aggiunta di depuratori e altre di tecnologie di controllo sulle centrali elettriche. Un maggior uso delle politiche ambientali orientate al mercato può fornire nuove fonti di entrate per migliorare il ritorno sugli investimenti in tecnologie e attrezzature più pulite ed efficienti energeticamente.

1.3.1.3 Sicurezza nazionale

Le preoccupazioni circa la sicurezza nazionale e la necessità di proteggere il sistema elettrico dalle minacce del terrorismo e di eventi meteorologici estremi influenzano i progetti relativi al sistema elettrico futuro. Un piccolo numero di impianti di generazione di grandi dimensioni è intrinsecamente più vulnerabile rispetto a un gran numero di centrali più piccole, ampiamente distribuite. Le infrastrutture elettriche e i sistemi di informazione devono essere sicuri da atti distruttivi deliberati e da intrusioni informatiche. Devono esistere tecniche per l'identificazione degli eventi, per il rapido ripristino del sistema dopo le interruzioni e che forniscano servizi pubblici durante le emergenze. E' necessario, in generale un indirizzo per mezzo di politiche per chiarire ruoli e responsabilità tra i prestatori di servizi elettrici, le agenzie di regolamentazione, clienti e le forze dell'ordine.

1.4 *Driver di mercato*

1.4.1 Competizione

La capacità delle storiche imprese elettriche di rispondere alla crescente concorrenza di nuovi operatori è un driver fondamentale per determinare il futuro del sistema elettrico. La ristrutturazione dei mercati all'ingrosso ha già creato nuove opportunità di business nella generazione competitiva di energia elettrica. La ristrutturazione ha portato molte *utility* a cedere impianti di generazione, ad optare per fusioni e acquisizioni, e a diversificare il tipo di prodotti. Il completarsi del processo di liberalizzazione, unito alle opportunità connesse alla visione smart grid implicherà un ampliarsi della matrice di scelte disponibili per i clienti; conseguentemente i fornitori di energia e di servizi di gestione distribuita potrebbero vedere crescere il mercato dei loro prodotti e servizi.

Per converso purtroppo misure di taglio dei costi hanno comportato forti riduzioni delle spese di ricerca e sviluppo, con la scomparsa di prestigiose equipe scientifiche. Purtroppo tale attività di ricerca svolta dagli ex monopolisti, che disponevano dei

marginari e della scala necessaria per impostare progetti di ampio respiro, nonché della certezza di poter godere dei frutti della loro attività innovativa, non è stata rimpiazzata, se non in parte dal fondo per la ricerca di sistema.

1.4.2 L'infrastruttura invecchia

Un altro driver che riguarda il futuro del sistema elettrico è il pensionamento e il calendario di sostituzione per gli impianti generazione, trasmissione e distribuzione dell'energia. L'invecchiamento delle infrastrutture elettriche abbinato ad un aumento della domanda e a requisiti ambientali più rigorosi potrebbero accelerare il ricambio degli *asset*, inclusi gli impianti di generazione, trasmissione e distribuzione dell'energia. La diffusione dell'uso delle tecnologie dell'informazione ha accelerato i tempi di ciclo del prodotto (che non è più determinato dalla sola usura fisica ma anche dall'obsolescenza tecnica) in altri settori, e potrebbe fare lo stesso nel settore elettrico.

1.4.3 Richieste dei consumatori

Poiché i mercati diventano sempre più aperti alla concorrenza, i desideri e le necessità del cliente avranno un ruolo sempre più forte nel dare forma alle decisioni di investimento. Le preoccupazioni circa la qualità dell'ambiente, la salute pubblica, e la sicurezza possono essere viste nelle preferenze dei clienti per le energie rinnovabili e per prodotti e servizi energeticamente efficienti. L'interesse del cliente in accessibilità, convenienza e controllo in loco guiderà anche la progettazione e lo sviluppo dei nuovi sistemi elettrici. Di conseguenza, la quantità e la qualità di informazioni domandate dai consumatori crescerà.

1.5 Driver Tecnologici

1.5.1 Tecnologie informatiche (IT)

Le tecnologie informatiche hanno già rivoluzionato il settore delle telecomunicazioni, delle banche e di alcune imprese manifatturiere. Allo stesso modo, il sistema elettrico rappresenta un enorme mercato per l'applicazione delle tecnologie informatiche per automatizzare varie funzioni come la lettura dei contatori, la fatturazione, la gestione di trasmissione e distribuzione, il ripristino dopo le interruzioni, la formazione dei prezzi e la comunicazione dello stato della rete. In particolare possono essere segnalati i seguenti avanzamenti:

- La possibilità di monitorare in tempo reale le operazioni e implementare algoritmi di controllo automatizzato in risposta al cambiamento delle condizioni del sistema comincia ad essere utilizzata nel campo elettrico.
- L'intelligenza distribuita, incluse le apparecchiature "intelligenti", potrebbe guidare lo sviluppo integrato della futura architettura per le telecomunicazioni e per le reti di energia elettrica, e determinare il modo in cui questi sistemi sono gestiti e controllati.
- L'accesso e la gestione dei dati diventeranno funzioni di business sempre più importanti.

1.5.2 Nuovi materiali

Nuove scoperte scientifiche in settori collaterali influenzano il sistema elettrico. Per esempio, i progressi nelle scienze dei materiali portano a nuovi conduttori per l'energia elettrica. La nano-scienza sta aprendo nuove frontiere nella progettazione e produzione di macchine a livello molecolare per la realizzazione di nuove classi di metalli, ceramiche e materiali biologici per applicazioni industriali, informatiche e mediche. I progressi nel campo dell'elettronica di potenza basati su semiconduttori hanno dato luogo a nuove soluzioni che permettono di aumentare il flusso di potenza attraverso mezzi esistenti, nel rispetto delle preoccupazioni degli utilizzatori locali dei terreni. Le proprietà desiderabili per i nuovi materiali per i conduttori elettrici comprendono:

- una maggiore portata di corrente, minore resistenza elettrica,
- un minor peso,
- una maggiore controllabilità,
- un più basso costo.

I superconduttori ad alta temperatura sono un buon esempio di materiali avanzati che hanno il potenziale per rivoluzionare la fornitura di energia elettrica. La prospettiva di trasmettere grandi quantità di potenza attraverso compatti corridoi sotterranei, anche su lunghe distanze, con minime perdite elettriche e cadute di tensione, potrebbe migliorare in modo significativo l'efficienza energetica globale e l'affidabilità del sistema elettrico, riducendo in contemporanea il consumo di carburanti, le emissioni in atmosfera e la traccia lasciata. Le tecnologie dei superconduttori possono essere utilizzate in generatori, cavi, trasformatori, dispositivi di accumulo, compensatori sincroni e motori - apparecchiature che si trovano nell'intera catena di valore dell'energia elettrica.

1.5.3 Accumulo di energia elettrica

L'impossibilità di accumulare l'elettricità e la conseguente necessità di bilanciare in ogni momento la corrente immessa con quella prelevata dalla rete più le perdite ha sempre vincolato fortemente il sistema elettrico, nei suoi aspetti di funzionamento ma finanche di mercato. Innovazioni che riducono drasticamente i costi dei sistemi di accumulo di energia elettrica potrebbero portare a cambiamenti rivoluzionari nella progettazione e gestione del sistema elettrico. Potrebbero essere ridotti i problemi dei picchi di carico, la stabilità del sistema elettrico potrebbe essere migliorata e i disturbi della qualità dell'alimentazione potrebbero essere eliminati. Accumuli possono essere installati nelle centrali, a sostegno del sistema di trasmissione, in vari punti del sistema di distribuzione e su particolari apparecchiature e attrezzature dal lato cliente del contatore.

1.5.4 Elettronica di potenza innovativa

L'elettronica di potenza in alta tensione permette la commutazione rapida e precisa dell'energia elettrica. L'elettronica di potenza è il cuore dell'interfaccia tra accumulo di energia e rete elettrica. Questa interfaccia di conversione energetica - necessaria per integrare le fonti in corrente continua o asincrone con la rete in corrente alternata - è una significativa componente di costo dei sistemi di stoccaggio dell'energia. Inoltre, l'elettronica di potenza è la chiave di volta per i Sistemi di Trasmissione Flessibili in Corrente Alternata (FACTS), o per i regolatori di flusso di potenza, che migliorano il controllo del sistema elettrico e contribuiscono ad aumentare i livelli di potenza trasferita. Nuovi progressi dell'elettronica di potenza sono necessari per ridurre i costi di questi sistemi, e accelerare la loro applicazione nella rete.

1.5.5 Tecnologie per l'energia distribuita

Gli sviluppi per migliorare la generazione distribuita di energia e la produzione combinata di calore ed energia elettrica potrebbero aumentare il numero di installazioni presso utenti elettrici industriali, commerciali, residenziali, e le comunità di utenti. Dispositivi come le celle a combustibile, motori alternativi, turbine a gas distribuite e microturbine possono essere installati dagli utenti per aumentare la power quality e l'affidabilità, e per controllare i propri costi energetici. Questo può portare a ridurre "a monte" il fabbisogno di generazione elettrica, trasmissione, e distribuzione, riducendo i picchi di domanda.

CAPITOLO 2. LO STATO DELL'ARTE DELLA RICERCA

2.1 Genesi e storia di un paradigma

Il concetto di smart grid nasce in sostanza negli USA, sulla scorta di ricerche dell'EPRI (Electric Power Research Institute), un ente di ricerca indipendente, finanziato con le quote versate dagli attori del sistema elettrico. Sin dall'inizio negli Stati Uniti c'è una forte enfasi sulla sicurezza del sistema, sia perché esso risulta più vulnerabile di quello europeo sia per ragioni strategiche.

Secondo Wikipedia, che come sappiamo costituisce la contestata enciclopedia del sapere moderno, il termine smart grid viene usato almeno dal 2005, quando apparve nel titolo del lavoro *'Toward A Smart Grid'* di S. Massoud Amin e Bruce F. Wollenberg apparso nel numero di Settembre/Ottobre della rivista IEEE *Power & Energy Magazine*. Il termine tuttavia era in uso anche prima, forse dal 1998. Il progetto CIN/SI all'EPRI, guidato da Massoud Amin, inizia a metà del '98, e si conclude nel 2002 (Amin, 2003). Questo progetto definisce per primo, in maniera chiara, il concetto di rete elettrica interattiva intelligente, anche se ovviamente, tutte le premesse per lo sviluppo del concetto stesso vennero poste ben prima, dalla concomitanza di due fenomenologie tecniche nei tardi Anni Ottanta e nel decennio dei Novanta:

- La diffusione capillare dell'automazione per governare le reti elettriche e, in particolare, l'emergere dei contatori intelligenti (in questo settore, l'ingegneria italiana ha avuto un ruolo eminente: l'adozione estensiva dei contatori intelligenti da parte dell'Enel data al 2000)
- L'emergere della generazione distribuita in generale, e più specificamente, la spinta mondiale all'adozione di fonti rinnovabili, che sono per natura distribuite sul territorio.

Bisogna osservare che l'impostazione americana risente fortemente delle preoccupazioni strategiche degli Stati Uniti in quegli anni. Sin dai tempi dell'ultima amministrazione Clinton si fece strada il concetto che le infrastrutture critiche, ovvero quei sistemi infrastrutturali da cui dipendono la vita di e il benessere della società moderna (rete elettrica, comunicazioni, sistema bancario, autostrade, ferrovie, ecc.), in quanto strutturate su sistemi di automazione e comunicazione distribuiti, fossero fortemente vulnerabili agli attacchi informatici. Con l'amministrazione Bush il problema divenne una priorità strategica negli Stati Uniti. Il celebre *blackout* del 2003 concorse a stimolare la percezione che i guasti (accidentali o indotti) dei sistemi d'automazione potessero ripercuotersi in modo disastroso sul funzionamento delle reti elettriche. Questo episodio fu uno dei fattori che concorsero a stimolare la tematica delle infrastrutture critiche negli Stati Uniti, facendo convergere ampi finanziamenti sulla ricerca e lo sviluppo, ma anche su misure concrete e pervasive della società organizzata.

Amin è stato il padre di questa concezione (Amin, 2000, 2001) ponendo per primo correttamente in luce il problema nell'ambito del progetto CIN/SI. Questa vulnerabilità è resa più grave dall'arretratezza della rete elettrica USA – e in particolare dall'inadeguatezza del sistema elettrico di potenza - rispetto a quella europea. Ma l'amministrazione Bush, con la sua politica internazionale unilaterale, doveva adottare questa visione e tradurla in iniziative di ampia portata politica e sociale, come la ristrutturazione delle agenzie di difesa e *intelligence* nell'ambito del Dipartimento per la *Homeland Security* e la pressione sull'intera società civile per contenere il rischio terrorismo.

La posizione Europea rimane oscillante in merito, ma nel complesso più scettica sia sulla criticità delle infrastrutture in genere che sull'impatto sociale del fenomeno del cyber terrorismo. Si veda ad esempio la nota *survey* dell'Economist (2002 a, b), che riporta entrambe le posizioni ma sembra propendere per la seconda. In Europa l'enfasi è soprattutto sulle tematiche di sostenibilità ambientale e dunque, sull'integrazione delle fonti rinnovabili. Da questa attenzione discende l'esigenza di progettare la gestione di sistemi elettrici completamente rinnovati e caratterizzati da maggiore vulnerabilità. La valenza sicurezza si perde perché a livello politico l'enfasi è su altri obiettivi, mentre gli attori principali (*utility* e *manufacturer*) non hanno interesse a porla in rilievo. Le conseguenze operative di questa differenza nella base "ideologica" saranno evidenziate nel successivo paragrafo 2.4.

D'altra parte, che la visione europea differisca da quella americana in materia dipende da un secondo fattore di portata politica strategica. Mentre l'Europa fa della difesa dell'ambiente e della lotta al *global change* un fattore politico strategico proprio in quegli anni (il protocollo di Kyoto viene siglato nel 1997), gli Stati Uniti notoriamente ostacolano questa politica, particolarmente nell'era Bush.

Dunque l'Unione Europea darà un forte impulso alla penetrazione delle fonti rinnovabili, che come si è detto è uno dei due fattori determinanti alla base della nascita del concetto di smart grid. È proprio la necessità di interfacciare facilmente i rinnovabili alla rete che contribuisce fortemente a strutturare l'idea europea di smart grid, e a definirne l'agenda, sintetizzata dal documento della Piattaforma Europea omonima (ETP Smartgrids, 2007). Questa viene definita sulla base dei progetti Europei sviluppati nell'ambito del V° Programma Quadro, sintetizzati dal rapporto *Toward Smart Power Networks* della DG Research (2005) che del precedente rapporto costituisce la premessa, e che contempla fra le sue priorità:

- nuovo approccio all'implementazione dei rinnovabili su larga scala
- tecnologie per l'accumulo d'energia e sistemi per l'interconnessione alla rete
- sviluppo di tecnologie abilitanti, fra cui le ICT insieme all'elettronica di potenza e ai superconduttori.

Ma quest'ultimo rapporto, significativamente, non fa in sostanza menzione del problema della *cyber security*. La sicurezza del sistema è intesa sì, se non come una priorità, certamente come un fattore strategico, ma essa è ancorata nel documento principalmente all'approvvigionamento delle fonti d'energia (onde l'enfasi sull'adozione dei rinnovabili) e solo secondariamente all'affidabilità/sicurezza *fisica* della rete elettrica.

2.2 Il panorama europeo: il percorso della ricerca sulle smart grid

Come anticipato nel precedente paragrafo, il rapporto della DG Research (2005) costituisce un punto di svolta per la ricerca europea, in quanto effettua una sintesi organica dei principali risultati ottenuti dai progetti finanziati dal V° Programma Quadro (1998-2002), identifica gli obiettivi per la ricerca e l'innovazione negli anni a venire, e costituisce le premesse per il coordinamento delle attività di ricerca sulle reti intelligenti in quella che diverrà la Piattaforma Smart Grid. Il rapporto censisce 52 progetti di ricerca in quattro aree diverse: generazione distribuita, trasmissione dell'elettricità, accumulo, superconduttori ad alta temperatura e progetti di integrazione, e cita esplicitamente un *cluster* e quattro progetti nel contesto del rapporto.

- Il cluster IRED (Integration of Renewable Energy Sources and Distributed Generation into the European Energy GRid) ha avuto la funzione esplicita di coordinare lo scambio di informazioni fra ricerca, enti regolatori e istituzioni Europee, nazionali e regionali al fine di stabilire azioni strategiche di cooperazione e identificare le aree di ricerca più importanti nel settore dell'integrazione delle risorse energetiche distribuite (DER).
- I risultati del progetto DISPOWER sono citati a prova del fatto che la generazione distribuita può migliorare la qualità del servizio e l'economicità di gestione delle risorse energetiche.
- Il progetto MICROGRIDS ha investigato tecniche innovative per la gestione e il controllo di microreti, specialmente quando operano isolate dall'infrastruttura elettrica principale.
- Il progetto DGFACTS ha sviluppato nuovi concetti e tecnologie per la gestione di reti dominate da risorse energetiche distribuite come i FACTS (Flexible Alternating Current Transmission Systems) e tecnologie *custom* di potenza.
- Il progetto SUSTELNET ha coordinato gli enti regolatori Europei sviluppando una *roadmap* per l'adozione di meccanismi che portino ad una crescente integrazione delle DER in Europa.

Dopo un'introduzione, il rapporto si articola in sei capitoli:

1. Qualità, affidabilità e sicurezza dell'energia. Questa sezione illustra in breve la struttura del sistema elettrico Europeo, distinguendo fra alta, media e bassa tensione, ed introduce i criteri di sicurezza n-1 ed n-2. Inoltre caratterizza in breve i concetti di sicurezza, affidabilità e qualità dell'energia, pur senza fornire definizioni formali di questi tre termini. Infine ricapitola le problematiche connesse all'integrazione dei rinnovabili ed il loro potenziale impatto sul sistema in caso questi problemi siano affrontati con successo.
2. Tecnologie d'informazione e comunicazione per costruire reti energetiche intelligenti. Il capitolo illustra il ruolo che l'ICT può giocare nell'innovazione del sistema elettrico, in riferimento al suo controllo, al mercato, all'adeguamento dell'offerta alla domanda, alla rilevazione e gestione dei guasti e alla riduzione controllata del carico (*load shedding*). Introduce il concetto di infrastruttura critica e riconosce la sinergia tra l'infrastruttura elettrica e ICT.
3. Attività di laboratorio e di pre-standardizzazione. Si riassumono le principali attività di laboratorio dei progetti del V° programma quadro, citando esplicitamente i laboratori del CESI e dell'ISCT e la rete d'eccellenza DER-Lab. Si riconosce il ruolo degli enti di standardizzazione europei CEN, CENELEC ed ETSI e del *cluster* IRED. Le principali attività di standardizzazione citate esplicitamente sono le seguenti: IEC TC8 - '*System aspects for electrical energy supply*' -, IEC 61850 - '*Communication networks and systems in substations*' - e IEEE1547TM - '*Standard for interconnecting distributed resources with electric power systems*' -.
4. Applicazioni pilota e sperimentazione sul campo. Si rivendica un approccio integrato alla gestione dei rinnovabili, basato sulla rilevazione in tempo reale dei dati relativi alla disponibilità d'energia ed al carico della rete e sulla comunicazione tempestiva di queste informazioni ai centri ed ai dispositivi di controllo. Si presenta un caso di studio pilota realizzato a Slutensee in Germania dal progetto DISPOWER su un complesso residenziale.
5. Questioni socio-economiche. I progetti di ricerca in quest'area sono diretti ad aumentare la quota dei rinnovabili nella produzione energetica nel medio-lungo termine. Quindi, hanno affrontato questioni come il ruolo degli schemi di sostegno a questo tipo di produzione, il miglioramento dei regolamenti per l'accesso alla rete, il cambiamento del ruolo e dell'assetto societario degli attori in questo mercato, come ad es. gli operatori di rete. In merito al primo e al secondo tema si richiama SUSTELNET, in merito al terzo ancora DISPOWER.
6. Future attività di ricerca. Il rapporto illustra alcuni argomenti cardine, che verranno poi ripresi e ridefiniti dalla piattaforma, fra cui le architetture delle future reti intelligenti, tecnologie per una efficiente produzione distribuita, tecniche per la gestione della domanda e delle risorse, nuovi servizi per il mercato dell'energia, miglioramento dell'efficienza nella trasmissione e distribuzione, accumulo

stazionario, tecnologie abilitanti come superconduttori ad alta temperatura, convertitori di potenza, comunicazioni *power-line*.

Nel corso della prima Conferenza internazionale sull'integrazione dei rinnovabili (Dic. 2004) gli *stakeholder* industriali e la comunità di ricerca proposero la creazione di una Piattaforma Europea per le reti elettriche del futuro. La Direzione generale Ricerca della Commissione sviluppò il concetto iniziale e le linee guida della Piattaforma sulla scorta dell'attività del cluster IRED, che raggruppava oltre 100 attori nel settore delle reti elettriche. La Piattaforma (nota anche come Piattaforma Smart Grids) ha iniziato i suoi lavori nel 2005; essa raggruppa 25 membri con funzione di consulenti (*stakeholder advisory board*) della Commissione sui temi di ricerca nel settore elettro-energetico. Livio Gallo, Enel, è uno dei membri. Nel corso del 2006 il Consiglio consultivo della Piattaforma pubblicò un documento illustrante la sua visione delle reti intelligenti. Più recentemente (2007) la Piattaforma ha elaborato un'Agenda di Ricerca Strategica, che ha ispirato numerosi programmi di ricerca a livello comunitario e nazionale (ETP, 2007).

L'Agenda di Ricerca Strategica distingue cinque aree principali di ricerca e le illustra in dettaglio, secondo un comune formato che ne definisce obiettivi, contenuto tecnico e ambito di applicazione, potenziali progetti e risultati, applicazioni pilota (*lighthouse pilot*) e progetti 'catalitici':

Area di ricerca 1 – *Smart Distribution Infrastructure*.

Indirizza l'utente finale e il progetto delle reti (*Small Customers and Network Design*) e include due *research tasks*:

- RT 1.1: Le future reti di distribuzione – nuove architetture per la progettazione di rete e la partecipazione dell'utente
- RT 1.2: Le future reti di distribuzione – nuovi concetti per studiare l'integrazione della generazione distribuita in fase di pianificazione del sistema.

Area di ricerca 2 – *Smart Operation, Energy Flows and Customer Adaptation*.

Riguarda l'utente finale e le reti e include:

- RT 2.1: Reti del futuro: un approccio ingegneristico all'integrazione operativa della generazione distribuita e degli utenti attivi
- RT 2.2: Strategie innovative di gestione dell'energia per la vasta penetrazione di generazione distribuita, accumulo e risposta alla domanda
- RT 2.3: Reti di distribuzione del futuro: mercati pilotati dal cliente.

Area di ricerca 3 – *SmartGrid Assets and Asset Management*.

Riguarda sia la trasmissione che la distribuzione e include:

- RT 3.1: Gestione degli *asset* di rete – trasmissione e distribuzione
- RT 3.2: Reti di trasmissione del futuro – nuove architetture e nuovi strumenti
- RT 3.3: Reti di trasmissione del futuro – fornitura a lunga distanza.

Area di ricerca 4 – *European Interoperability of SmartGrids*.

Riguarda sia la trasmissione, sia la distribuzione e include:

- RT 4.1: Servizi ancillari, operazioni sostenibili e dispacciamento a basso livello
- RT 4.2: Tecniche avanzate di previsione per operazioni sostenibili e per la fornitura d'energia
- RT 4.3: Architetture e strumenti per l'operatività, il recupero e i piani di difesa
- RT 4.4: Operatività avanzata del sistema ad alta tensione – *seamless smart grids*
- RT 4.5: Ricerca volta alla Pre-standardizzazione

Area di ricerca 5 – *Smart Grids Cross-Cutting Issues and Catalysts*.

Area trasversale che riguarda in sostanza tecnologie di supporto, specificamente:

- RT 5.1: Tecnologie e standard per l'interfaccia con il cliente
- RT 5.2: Le reti del futuro: informazione e comunicazione
- RT 5.3: Sistemi con portanti d'energia multipli
- RT 5.4: L'accumulo e il suo impatto strategico sulle reti
- RT 5.5: Incentivi e barriere regolatorie
- RT 5.6: Tecnologie di base a sostegno dell'innovazione

Non è facile fornire una sintesi appropriata di quest'ambiziosa agenda di ricerca. Si può osservare tuttavia che, se l'Agenda si pone in continuità con il precedente documento di sintesi *Toward Smart Grids* (2005), le differenze sono rimarchevoli; l'Agenda è forse meno dettagliata e precisa in termini tecnici, ma molto più ampia. Essa è deliberatamente un documento di scenario che vuole influenzare sia il Programma Quadro che i programmi di ricerca degli stati membri e quindi demanda ad un'elaborazione successiva dei suoi contenuti in sedi diverse. Inoltre, è sostanzialmente un'analisi *top-down*, laddove *Toward Smart Grids* (2005) è una sintesi *bottom-up* dei progetti di ricerca del V° Programma Quadro.

Alla fine del 2008 quest'Agenda venne tradotta in un Piano di Sviluppo Strategico, che definì le priorità per l'innovazione nel settore e ne prevedette i tempi di dispiegamento (ETP, 2010). Il documento non è ancora finalizzato: la bozza attuale riporta gli indirizzi predetti, ma non ne quantifica l'impatto economico. Questo documento fa seguito alla *Roadmap* e tale ordine temporale non è indifferente, in quanto il Piano di sviluppo strategico presenta una visione più sintetica ed anche più avanzata (evidentemente molti temi di ricerca nel frattempo erano stati esplorati).

In merito alla quantificazione dell'impatto economico, esistono altri studi, fra cui lo *Stern Report* (2009), che indica un obiettivo molto ambizioso rispetto alla situazione attuale, una riduzione della produzione di CO₂ che consenta di contenere il riscaldamento globale entro i 2° (in luogo dei 6° previsti) con un impatto economico medio di 1000 \$ per cittadino. In questo quadro la DG Research ha riunito un gruppo di

distributori per lanciare degli ampi programmi dimostrativi, così da poterne dedurre dati concreti, come la EEGI di cui verrà detto più innanzi. Infatti, la Piattaforma ha contribuito a definire gli obiettivi del piano strategico di ricerca energetica dell'Unione Europea, il SET (Strategic Energy Technology) Plan (2009). Il SET Plan ha individuato alcune *European Engineering Initiatives (EEI)* aventi per oggetto la produzione solare, eolica, da biomasse, la cattura e l'accumulo di CO₂ e le reti elettriche. Tre di queste iniziative sono in fase di avviamento (solare, eolico, reti intelligenti). Le EEI sono entità legali che raggruppano Commissione, *stakeholder* e autorità nazionali e gestiscono i finanziamenti alla ricerca.

Per le reti intelligenti è stata attivata la *European Electricity Grid Initiative* (EEGI, 2010) per la quale è previsto un finanziamento nell'ordine di 2 Miliardi di € su temi quali l'automazione della rete, la domanda attiva, ecc. La EEGI è stata concepita congiuntamente dall'ENTSOE, l'associazione degli operatori della rete di trasmissione Europea, e da un gruppo di operatori di sistemi di distribuzione interessati al tema, l'EDSO smart grid fra il Febbraio 2009 e il Maggio 2010. La *Roadmap* prodotta dall'EEGI (2010) offre un'interessante sintesi dei progetti caldeggiati dall'associazione, parte dei quali già operativi come:

- SAFEWIND, WINGRID, IS-POWERS sull'integrazione dell'energia del vento *on-shore*
- PEGASE sulle tecniche di simulazione della rete in tempo reale
- OPTIMATE sulla simulazione integrata dei mercati energetici
- REALISEGRID sull'analisi costi/benefici degli investimenti sulla trasmissione
- TWENTIES sulla dimostrazione di tecnologie di potenza per far fronte ad una integrazione massiccia dell'energia del vento.

Nel contempo, il documento definisce un piano di investimenti strategico (2010-2020) nel settore della trasmissione, per un importo complessivo di due miliardi di €, ed identifica meccanismi per finanziare i relativi progetti.

L'associazione dei Regolatori Europei per l'Elettricità ed il Gas, ERGEG, ha prodotto nel 2001 un documento di orientamento per identificare le principali sfide che avrebbe posto lo sviluppo di reti intelligenti. Nel 2009 l'ERGEG ne ripercorre l'analisi proponendo un nuovo documento per stimolare una consultazione (tuttora in corso) dell'intero settore elettrico sul tema delle smart grid (ERGEG, 2009). Quest'ultimo documento è particolarmente interessante in quanto propone con chiarezza una visione tripartita del problema dell'innovazione delle reti energetiche:

- Impatto sulla rete di trasmissione
- Innovazione delle reti di distribuzione
- Impatto sul cliente finale

Per ciascuna di queste tre aree il documento identifica priorità di ricerca e problemi d'interesse del regolatore, rivendicando che l'intera prospettiva delle smart grid deve privilegiare il punto di vista del cliente finale visto anche come auto produttore d'energia (*prosumer*). Un ulteriore elemento d'interesse del documento è la rassegna dei programmi nazionali di sviluppo di smart grid in Austria, Germania, Portogallo, Regno Unito e Stati Uniti d'America presentata nella sua appendice.

2.3 La ricerca in Italia

2.3.1 Gli attori di ricerca in gioco

Nel panorama italiano, gli attori di ricerca principali sono relativamente pochi ed hanno per lo più un ruolo istituzionale come Enea, CNR e RSE, mentre con la sola grande eccezione di Enel, si assiste a uno scarso coinvolgimento nelle attività di ricerca pura delle utility e degli altri operatori industriali.

Tutti gli enti di ricerca pubblici citati sopra hanno subito negli ultimi anni, o hanno in corso, una serie di riforme e ristrutturazioni. La riorganizzazione di Enea e RSE appare tuttora in corso e rende più complesso un giudizio prospettico sulle loro attività.

CNR: Il Consiglio Nazionale delle Ricerche è l'ente pubblico nazionale che ha il compito di svolgere, promuovere, diffondere, trasferire e valorizzare attività di ricerca nei principali settori di sviluppo delle conoscenze e delle loro applicazioni per lo sviluppo scientifico, tecnologico, economico e sociale del paese. Dopo la riforma attuata nel giugno 2003, l'Ente ha assunto un'organizzazione a matrice, dove il committente dell'attività di ricerca è rappresentato dagli undici Dipartimenti (Terra e Ambiente; Energia e Trasporti; Agricoltura e Alimentazione; Medicina; Scienze della Vita, Progettazione Molecolare, Materiali e Dispositivi, Sistemi di Manifattura avanzati; Tecnologie dell'Informazione e della Comunicazione; Identità culturale; Patrimonio Culturale). I Dipartimenti definiscono i progetti, sulla base dei bisogni potenziali di ricerca, e li varano attraverso bandi rivolti agli Istituti che hanno competenze specifiche, dotazioni di laboratorio e base territoriale. Per quanto concerne le smart grid, la ricerca tecnologica è operata in modo preponderante nell'ambito del Programma "Ricerca di Sistema" sotto il coordinamento del Dipartimento Energia e Trasporti; se ne dà un quadro completo al paragrafo successivo.

Enea: L'Agenzia nazionale per le nuove tecnologie, l'energia e lo sviluppo economico sostenibile (ENEA) è stata istituita dalla Legge n. 99 del 23 luglio 2009. L'Agenzia ENEA è finalizzata alla ricerca e all'innovazione tecnologica e alla prestazione di servizi avanzati nei settori dell'energia, con particolare riguardo al settore nucleare e allo sviluppo economico sostenibile. L'agenzia ha assorbito le risorse finanziarie, strumentali e di personale dell'Ente per le Nuove tecnologie, l'Energia e l'Ambiente,

che è stato contestualmente soppresso. Tuttavia il processo di definizione e di organizzazione dell'Agenzia è tuttora in corso. L'impegno dell'Enea, nella sua configurazione di prima della riforma, nel campo dei rinnovabili e della *cyber security* è ben noto. Se ne darà una breve rassegna al paragrafo successivo.

RSE (Ricerca sul Sistema Energetico S.p.A.)⁹ è una società senza fini di lucro che sviluppa attività di ricerca nel settore elettro-energetico, con particolare riferimento ai progetti strategici nazionali, di interesse pubblico generale, finanziati con il Fondo per la Ricerca di Sistema, gestito dall'Autorità per l'Energia Elettrica ed il Gas. Il Fondo, istituito nel 1996, ha il fine di finanziare, la ricerca del settore in un contesto quale quello liberalizzato, in cui la riduzione del ruolo dell'ex-monopolista avrebbe potuto comportare l'assenza di soggetti con una scala (e un orizzonte di interessi) sufficienti a far partire progetti di grande respiro nel settore. Le attività di RSE coprono l'intera filiera elettro-energetica in un'ottica essenzialmente applicativa e sperimentale. In particolare, l'impegno di RSE sul terreno delle *smart grid* è ben noto: se ne darà una breve rassegna al paragrafo successivo. La società è partecipata totalmente da capitale pubblico. Contestualmente alla ristrutturazione di Enea, a partire dal Luglio 2009 il Gestore di Rete ha acquisito il controllo della società.

Una parte sostanziale dei progetti sviluppati o in corso presso CNR, Enea e RSE sono finanziati dal Fondo per la Ricerca di Sistema e dal Programma Quadro dell'Unione Europea. Essi sono illustrati al paragrafo seguente.

2.3.2 Le principali società elettroenergetiche

Passando agli operatori del settore, fra le società elettro-energetiche da notare è soprattutto il ruolo di Enel ed Eni.

Enel: come è noto, è uno dei principali gruppi energetici a livello mondiale, specie dopo la recente acquisizione dell'*utility* spagnola Endesa. A metà 2009 l'azienda ha subito una ristrutturazione che ha riaccorpato le aziende del gruppo in strutture divisionali, e cancellato l'autonomia della precedente struttura di ricerca, ora incorporata nella Divisione Ingegneria e Innovazione. L'attività di ricerca sulle *smart grid* viene indirizzata dalla Divisione Infrastrutture e Reti, che conduce parte della ricerca in proprio, in particolare la partecipazione alla piattaforma *smart grid* e numerosi progetti internazionali. Molte attività tuttavia vengono demandate alla Divisione Ingegneria e Innovazione, che tuttavia su questo terreno pare non abbia piena autonomia operativa, in quanto opera su commessa delle altre Divisioni. I principali progetti di ricerca sulle *smart grid* sviluppati o in corso presso Enel sono illustrati al paragrafo seguente.

⁹ Il nome è stato recentemente mutato, proprio nel corso della presente ricerca. In precedenza era **ERSE** (ENEA - Ricerca sul Sistema Elettrico S.p.A.). anche questo aspetto segnala come la situazione dell'ente sia ancora duttile e indefinita

ENI è tuttora sostanzialmente un grande gruppo nel settore petrolifero e del gas. Tuttavia, essendo sia un *player* globale a livello mondiale sul mercato dell'energia che una grande *utility* ed uno dei principali auto-produttori italiani, svolge un'intensa attività di ricerca, che si concentra soprattutto sulle fonti d'energia. Recentemente Eni ha stretto un accordo con il MIT per la creazione di un Solar Frontiers Center a Cambridge che rappresenta un investimento di 25 M\$ ed opera soprattutto nella ricerca sulle *celle solari*, la *fotosintesi* e la *concentrazione d'energia*.

Le altre società elettroenergetiche. Sul panorama italiano operano oggi numerose società elettro-energetiche. Molte di esse si sono storicamente originate da società elettriche municipalizzate e stanno oggi evolvendo in grandi gruppi multi-utility, a volte anche con notevole copertura territoriale¹⁰, e con notevoli interessi nella distribuzione come ACEA, A2A, e, Iren. Altre imprese, che hanno invece trovato spazi di sviluppo dalla liberalizzazione del mercato elettrico, operano prevalentemente nella vendita di elettricità, con maggiori o minori interessi nella fase della produzione come Edison e Sogrenia. Nel complesso queste società, che pure hanno spesso grande spessore come esperienza e competenza nel settore e mostrano tassi di redditività molto favorevoli, in grado di permettere investimenti di ampio respiro, hanno un atteggiamento che guarda alla ricerca in un'ottica molto privatistica. Gli investimenti ed il personale dedicato sono molto limitati, gli obiettivi scelti accuratamente fra quelli ritenuti strategici e chiaramente finalizzabili all'applicazione industriale. Questo implica per esempio una preferenza per attività (come la partecipazione in incubatori o venture capital) che permettano di fare una prospezione tecnologica, avere il polso della direzione dell'evoluzione oltre che l'accesso a un bacino di innovazioni da cui eventualmente attingere per un'applicazione commerciale, piuttosto che l'investimento diretto in ricerca e sviluppo. Un'altra implicazione è la scelta di non investire finché il quadro regolatorio e di standard non sia chiaro. Si può dire che esse siano aziende che ancora risentono del cambiamento di missione che la liberalizzazione ha comportato e che per questo motivo non adottano un atteggiamento aggressivo nei confronti delle nuove tecnologie.

2.3.3 I progetti realizzati e in corso

2.3.3.1 Sintesi dei progetti di Ricerca di Sistema

Il Fondo per il finanziamento della Ricerca di Sistema (RdS) finanzia ricerche finalizzate all'innovazione del sistema elettrico per migliorarne l'economicità, la sicurezza e la compatibilità ambientale, assicurando al Paese le condizioni per uno sviluppo sostenibile. Il fondo è finanziato con un prelievo sulla bolletta elettrica.

¹⁰ La loro copertura in termini di utenti resta comunque sempre prevalentemente concentrata nei centri urbani, con conseguenze non irrilevanti anche in tema di smart grid.

Considerando le peculiarità della realtà italiana, nell'ambito della RdS sono prioritari progetti che:

- consentano al sistema elettrico di evolversi coerentemente con le esigenze di uno sviluppo sostenibile in termini di impatto sull'ambiente ed in linea con gli accordi internazionali del Paese;
- favoriscano la liberalizzazione del mercato elettrico sviluppando regole di mercato per favorire l'efficienza e per affrontare eventuali criticità del mercato elettrico italiano, anche nell'ottica della sua integrazione in un più ampio mercato europeo;
- garantiscano adeguati livelli di sicurezza delle infrastrutture nei riguardi di fenomeni eccezionali ambientali e di eventi incidentali legati al funzionamento degli impianti e rispetto a possibili atti terroristici.

Sino al 2005 la Ricerca di Sistema è stata condotta da CESI S.p.A., che stipulava accordi specifici con Enel, Enea, CNR ed Università Italiane per demandare loro l'esecuzione di parte delle attività di ricerca. Il sito della Ricerca di Sistema (<http://www.ricercadisistema.it>) contiene una rassegna dei progetti sviluppati sino al 2005, molti dei quali indirettamente rilevanti le smart grid. Dato che la Ricerca di Sistema non indirizzava le *smart grid* con un progetto specifico, diverse tematiche di ricerca illustrate dal sito appaiono attinenti, in particolare:

- Mercato elettrico. Le ricerche relative a quest'area, condotte dai progetti EXTRA ed ENTRADE, appaiono riflettere le problematiche indotte sul mercato elettrico dalle successive direttive europee e dalla loro adozione nel contesto italiano.
- Sicurezza infrastrutture. Le ricerche relative a quest'area riflettono anche la tematica del potenziale impatto della vulnerabilità delle infrastrutture di controllo del sistema elettrico sulla sicurezza del sistema stesso. I progetti relativi sono RETE 21 e COMUNICA.
- Fonti rinnovabili. Le ricerche relative a quest'area riguardano lo sviluppo di tecnologie fotovoltaiche ed eoliche (progetto GEN21) e la regolamentazione del settore (progetto NORME), inclusi gli aspetti normativi associati all'efficienza energetica, ai sistemi energetici rinnovabili, agli impianti elettrici ed al veicolo elettrico.
- Generazione distribuita. Quest'area di ricerca tocca sia le fonti d'energia che l'impatto della generazione distribuita sul sistema elettrico (progetto GENDIS) e sulla sua sicurezza (progetto SICURE).

Dopo il 2005, questa prassi è stata considerata *distorsiva del mercato* dalla Commissione Europea, data la *natura di impresa privata* del CESI. Questo ha portato allo scorporo dell'attività di ricerca dal CESI e alla costituzione dell'ERSE. Quindi dopo il 2005 la Ricerca di Sistema è stata condotta essenzialmente nell'ambito di

Accordi di Programma tra Ministero dello Sviluppo Economico ed ERSE, CNR, Enea ed Enel. Una parte minore del finanziamento è stato oggetto di un bando del Ministero nel 2009.

2.3.3.2 I progetti RSE

Dopo il 2005, l'allora ERSE ha operato nell'ambito di due successivi accordi di programma con il Ministero (2006-2008 e 2009-2011). Questi accordi di programma riguardano ricerche attinenti il *governo* della rete elettrica, la *produzione* e le *fonti energetiche* e gli *usi finali*. I progetti attinenti sono illustrati piuttosto sommariamente sul sito RSE (<http://www.rse-web.it/Testi/Attivita.aspx?idN=4>). In relazione alle smart grid, centrale appare il progetto P6 (2007): Transizione verso le reti di distribuzione attive il cui obiettivo è lo sviluppo di reti elettriche intelligenti in grado di gestire in modo integrato ed ottimizzato generatori distribuiti, carichi aggregati e sistemi di accumulo. Le attività di ricerca più recenti sono state condotte nel Progetto Ricerche su Reti Attive, Generazione Distribuita e Sistemi di Accumulo dell'Area Governo, Gestione e Sviluppo del Sistema Elettrico Nazionale, una delle tre Aree di ricerca definite nell'Accordo di Programma triennale tra il Ministero dello Sviluppo Economico ed ERSE stipulato a luglio 2009 (Gallanti, 2010). Obiettivo del Progetto è lo sviluppo e la sperimentazione di metodologie e tecnologie che favoriscano l'evoluzione delle attuali reti di distribuzione passive verso reti attive, con elevata penetrazione della generazione distribuita. Il progetto prende come riferimento la prospettiva di "sistema", cioè sono investigati gli sviluppi necessari a far evolvere la rete di distribuzione da passiva ad attiva, condizione indispensabile per incrementare la diffusione della generazione distribuita, al fine di consentire un maggior sfruttamento dell'energia da fonti rinnovabili e di sistemi di generazione efficienti. Poiché l'evoluzione della rete di distribuzione da passiva ad attiva dipende da numerosi fattori abilitanti di tipo tecnologico, il progetto ha approfondito alcune delle problematiche e delle tecnologie più importanti per l'adozione delle reti attive:

- *Definizione di nuovi modelli di business*: analisi delle nuove attività (gestione della rete di distribuzione, vendita dell'energia, aggregazione di utenti, servizio di misura, ecc.) che coinvolgono il settore della distribuzione dell'energia elettrica nel mercato liberalizzato; nuovi attori e relazioni tra essi.
- *Pianificazione efficiente di reti attive*: nuovi criteri di pianificazione di reti attive e relative implicazioni di tipo regolatorio, normativo, tecnico ed economico; potenziamento e consolidamento di strumenti software; prova su specifiche reti.
- *Diffusione della Generazione Distribuita (GD)* sulle attuali reti di distribuzione: valutazione della massima quantità di GD che può essere connessa alle attuali reti di distribuzione (hosting capacity) senza violare i vincoli tecnici e di qualità della fornitura.

- *Sistemi di controllo*: funzioni di controllo di tipo centralizzato applicate ad una micro rete; sistemi di controlli di tipo distribuito (generatori dotati di controllo *droop*) inseriti in microreti in grado di funzionare in isola; funzionalità di regolazione della tensione da parte dei generatori connessi alla rete di distribuzione.

Le precedenti attività hanno comportato un'estesa attività sperimentale su sistemi di comunicazione (infrastrutture, protocolli, funzioni applicative) per la gestione di risorse distribuite, sistemi *multimetering*, sensoristica, inverter, microgeneratori, sistemi ed impianti fotovoltaici e sistemi di accumulo.

Molta ricerca RSE sulle smart grid si esplica inoltre nell'ambito dei progetti europei DERRI, More MICROGRIDS, Open METER e SEESGEN-ICT di cui diamo un breve resoconto più avanti.

2.3.3.3 I progetti CNR presso ITAE

Le attività di ricerca in corso presso il CNR, riconducibili alla tematica più generale delle Smart Grid, sono molteplici e diversificate. Le attività di R&S di materiali e dispositivi avanzati per la generazione, l'accumulo e la gestione dell'energia con lo specifico obiettivo di essere supporto dell'evoluzione del sistema elettrico nazionale sono codnotte nell'ambito del Programma "Ricerca di Sistema" (www.ricercadisistema.cnr.it).

Nel triennio 2008-2010 il Programma CNR è stato declinato in 5 progetti:

- Tecnologie innovative per migliorare le prestazioni ambientali delle centrali a polverino di carbone;
- Valutazione ed utilizzazione dei biocombustibili ottenuti da residui o scarti agricoli di scarso valore intrinseco e di alghe per l'applicazione in impianti di cogenerazione basati su microturbine;
- Utilizzo di energia solare per il condizionamento estivo;
- Celle a Combustibile per applicazioni stazionarie cogenerative;
- Sistemi Elettrochimici per l'accumulo di Energia.

Sebbene tutti i progetti siano prioritariamente indirizzati allo sviluppo di tecnologie per la generazione distribuita e diffusa, gli obiettivi della ricerca volti al sostegno delle smart grid sono perseguiti nell'ambito dei due ultimi progetti, Celle a combustibile e Sistemi di accumulo, le cui attività sono coordinate dal CNR-ITAE con la partecipazione di altri Istituti CNR quali IM, IENI, ISTEC, Università ed in accordo con gli altri affidatari della Ricerca di Sistema (ENEA ed RSE).

L'Istituto di Tecnologie Avanzate per l'Energia Nicola Giordano (ITAE) ha una lunga storia nella ricerca sulle celle a combustibile, iniziata venti anni fa con una specializzazione sugli aspetti chimici, passata poi alla ricerca sui componenti e arrivata oggi al tema dei sistemi in cui inserirle. Quest'ultima attività di ricerca rappresenta sicuramente uno degli elementi delle smart grid, anche se queste non sono mai state oggetto di ricerca approfondita nel loro coordinamento e assetto globale. ITAE vuole dimostrare la fattibilità delle *microreti* e la loro gestibilità in connessione con la rete di distribuzione. Ha sviluppato una microrete di piccolissima potenza (25/50 KW) a Milazzo. ITAE lavora con l'obiettivo di sviluppare tecnologie modulari; una rete intelligente ha bisogno che anche il dispositivo lo sia e sia interfacciabile, per cui ITAE ne studia e sviluppa anche l'interfaccia.

Progetto: Celle a combustibile per applicazioni stazionarie cogenerative.

Le problematiche legate ai cambiamenti climatici e all'approvvigionamento energetico hanno generato nell'ultimo decennio un'evoluzione dei mercati energetici. Accanto alla presenza di grandi società fornitrici di combustibili ed elettricità, si sta assistendo allo sviluppo di piccole società di servizi, flessibili ed efficienti, aventi la funzione di fornire energia decentralizzata, con bassi costi nelle tecnologie di conversione dell'energia. In tale contesto i sistemi di cogenerazione elettrica e termica presentano numerosi vantaggi rispetto ad un approccio centralizzato della generazione di energia elettrica.

Tra le diverse tecnologie disponibili per la cogenerazione, le celle a combustibile rappresentano una soluzione interessante anche perché sono alimentate con idrogeno, che può essere a sua volta prodotto anche sfruttando fonti energetiche rinnovabili (ad esempio energia solare o eolica).

Il progetto si propone di valutare le diverse tecnologie di celle a combustibile (Fuel Cells) per la cogenerazione di energia elettrica e calore, allo scopo di fornire una fotografia della situazione attuale ed una proiezione che tenga conto dello sviluppo ed ottimizzazione dei diversi tipi di cella.

Progetto: Sistemi Elettrochimici per l'accumulo di Energia

Il progetto ha come obiettivo lo sviluppo di tecnologie di accumulo elettrochimico da utilizzare in un sistema di generazione elettrica distribuita. Le attività di ricerca sono volte allo sviluppo di prototipi innovativi quali: batterie ad alta temperatura, supercapacitori, elettrolizzatori rigenerativi per la produzione e il riutilizzo di idrogeno, dispositivi di condizionamento della potenza per connessioni a reti elettriche in continua (DC/DC) e in alternata (DC/AC).

Il beneficio consiste essenzialmente nel contributo all'indispensabile sviluppo delle reti elettriche intelligenti (smart grids) reso necessario dal crescente utilizzo di impianti di generazione distribuita.

L'impiego delle fonti energetiche rinnovabili (solare fotovoltaico, eolico, biomasse, ecc.) richiede per ragioni di efficienza e di costi un uso locale dell'energia, utilizzando tanti piccoli impianti distribuiti sul territorio. In questo caso si parla di "micro-generazione distribuita" di energia elettrica.

La diffusione di questi impianti impone modifiche sostanziali alle attuali reti di trasmissione elettrica. L'utilizzo di adeguate tecnologie di accumulo energetico contribuirà a rendere le future reti elettriche sicure ed affidabili, permettendo un deciso sviluppo delle fonti rinnovabili che altrimenti subirebbe forti limitazioni.

Le tecnologie di accumulo energetico sono inoltre utilizzabili in tutti i casi in cui si prevede un disaccoppiamento temporale fra la produzione e l'utilizzo dell'energia prodotta. Un esempio tipico riguarda l'accumulo da parte dell'utente quando il costo dell'energia è basso (tipicamente di notte) e l'utilizzo della stessa energia quando il costo dalla rete è elevato.

Inoltre alcune fonti rinnovabili, come il solare e l'eolico, sono fortemente incostanti e la produzione di energia elettrica da queste fonti può variare in modo imprevedibile, in funzione delle condizioni meteorologiche locali. Questo fatto può avere effetti negativi sul sistema elettrico, con ricadute sulla qualità della fornitura, sui margini di sicurezza e conseguentemente sui costi operativi e di gestione. Le tecnologie elettrochimiche per l'accumulo di energia elettrica sono pertanto necessarie, in un sistema di generazione elettrica distribuita, per garantire adeguati livelli qualitativi in termini gestione dell'energia prodotta, di continuità di alimentazione stabilizzata e di continuità del servizio durante il passaggio da una sorgente di energia ad un'altra.

Un importante campo di sperimentazione sono le interfacce con le reti di distribuzione, che è il punto terminale del campo di ricerca ITAE. Grazie alla disponibilità congiunta di dispositivi di accumulo e di dispositivi di interfaccia, il *prosumer* ha la possibilità (reale) di decidere molto in fretta se vendere o no. Questo approccio vuole rendere il *prosumer* un elemento attivo, superando il concetto di Demand Side Management, che tende a sviluppare il mercato dei clienti interrompibili secondo le necessità del gestore del sistema. La domanda può essere attiva nel senso che può contribuire al sistema offrendo l'elettricità quando serve. Lo può fare grazie alla presenza congiunta di generatori da fonti rinnovabili, microgeneratori a gas ed accumulatori. Un sistema domestico (o industriale) di questo tipo aumenta l'affidabilità. Sia l'affidabilità per l'utente finale, sia in termini di contributo all'affidabilità del sistema locale e nazionale. Questo ribalta la visione per cui la microgenerazione distribuita sarebbe un pericolo perché aumenterebbe la complessità del sistema e lo renderebbe quindi più vulnerabile. Questa visione è, di fatto, un freno diffuso alla diffusione dei rinnovabili, che si traduce in una volontà politica.

Un esempio concreto di applicazione di queste attività è lo sviluppo di Neftih2 (<http://www.distrettoenergieininnovabili.it/der/citt/progetti-1/neftih2>) il prototipo di casa indipendente dal punto di vista energetico, sviluppato in Toscana a Monterotondo M.mo

(GR) realizzato dai ricercatori del CNR-ITAE in collaborazione con il Centro Internazionale per il Trasferimento Tecnologico sulle Fonti Energetiche Rinnovabili. È una casa in cui la gestione domestica è integrata con la gestione delle fonti di energia. (solare termico e fotovoltaico, eolico) grazie all'interazione con la rete elettrica e a innovativi sistemi di accumulo (idrogeno). ITAE si è occupato della domotica, degli impianti di produzione da energie rinnovabili e da celle combustibili, e della messa a sistema. Questo esperimento mira a dimostrare la possibilità di realizzare *microreti*. Le tecnologie ormai esistono tutte, quello che manca è per alcuni prodotti una produzione industriale, in quanto non esiste ancora un mercato di sbocco. In altri casi i prodotti esistono all'estero ma non sono acquistabili in Italia a causa di normative che lo impediscono (la chiave sono i dispositivi di potenza). Per esempio attualmente la legge impone che se c'è un guasto al sistema il *prosumer* debba disconnettere l'impianto di generazione, in quanto il "conto energia" non prevede la possibilità di accumulo. Il *prosumer* non è autorizzato a installare delle batterie. Con il suo lavoro ITAE ha mostrato che sarebbe già possibile realizzare utilmente delle microreti flessibili, autonome, funzionali per l'utente e per il sistema. Il passo che manca all'integrazione in una smart grid è la diffusione delle tecnologie per una gestione flessibile delle reti di distribuzione.

2.3.3.4 I progetti Enea

Nell'ambito del Programma Operativo Nazionale "Ricerca e Competitività" (PON 2007-2013) ENEA ha presentato (di concerto per la regione Sicilia) la proposta SISTERS - "Sistema Integrato di Solare Termodinamico e altre Energie Rinnovabili in una Smart grid" con la partecipazione dell'Università degli Studi di Palermo e di numerose aziende operanti nei settori di interesse. L'obiettivo del progetto (che richiede un finanziamento circa 23M€) prevede la conduzione di attività di ricerca industriale e sviluppo sperimentale finalizzate alla realizzazione di una filiera di impianti di conversione di energie rinnovabili (solare e biomassa in forma combinata) in vettori energetici diversificati, e a loro volta integrati in un'architettura smart-grid con altre fonti rinnovabili per il sostentamento "da rinnovabile" di distretti industriali e residenziali. Il dimostratore, che sarà realizzato presso il Campus Universitario di Palermo, ha trovato grande interesse in ambito regionale per le importanti ricadute industriali che potrebbe avere.

Nell'ambito dell'Accordo di Programma fra ENEA e Ministero dello Sviluppo Economico (seconda annualità), ENEA ha affidato un contratto di collaborazione al DIET (Dipartimento di Ingegneria Elettrica, Elettronica e delle Telecomunicazioni) dell'Università degli studi di Palermo per lo svolgimento di uno studio dal titolo: "Studio di fattibilità e progettazione preliminare di dimostratori di reti elettriche di distribuzione per la transizione verso reti attive". Lo studio sarà condotto per due differenti tipologie di rete di distribuzione aventi caratteristiche diverse:

- una rete di distribuzione connessa al sistema elettrico di potenza nazionale (rete prevalente) in almeno un punto, costituita interamente o in massima parte da conduttori in cavo, caratterizzata dalla presenza di qualche cabina MT/BT e da una potenza installata complessiva di alcuni MVA (dimostratore Area Capanne Casaccia);
- una rete di distribuzione isolata (non collegata al sistema elettrico nazionale) e di estensione maggiore rispetto alla prima, costituita in parte da conduttori nudi aerei ed in parte da conduttori in cavo, alimentata da una centrale elettrica dotata di gruppi di generazione di tipo tradizionale per una potenza complessiva di qualche decina di MVA, caratterizzata dalla presenza di numerose cabine MT/BT sparse nel territorio, nella quale siano state già implementate o sono da implementare logiche automatiche di gestione (isola di Pantelleria). Quest'ultimo caso ricade nell'ambito dell'accordo di durata triennale che è stato stipulato tra ENEA - Comune di Pantelleria - SMEDE (società elettrica produttrice e distributrice nell'isola) per interventi dimostratori sull'isola in campo energetico.

2.3.3.5 I progetti Enel

Nel campo della distribuzione di elettricità Enel è sicuramente il cardine di tutti i movimenti e di tutte le dinamiche evolutive. In negativo questo implica un potere da *first comer*, nello stabilire gli standard tecnologici e le direzioni della traiettoria di innovazione. In positivo questo significa però anche che essa agisce da motore primo, rendendo possibile un continuo avanzamento del sistema elettrico italiano che risulta oggi all'avanguardia mondiale.

Per esempio i primi *contatori dotati di telemisura* sono frutto di un investimento Enel, allora giustificato semplicemente dal fatto che i costi sarebbero stati ampiamente ripagati dalla diminuzione dei costi del personale addetto alla lettura dei contatori. Nel 2006 l'Autorità ha riconosciuto i vantaggi che il dispositivo arreca al cliente e ha chiesto a tutti i distributori, anche piccoli, di installare dispositivi di questo tipo. I contatori Enel sono molto sviluppati in termini funzionali e si è deciso di installarli anche in Spagna (13 milioni di dispositivi in 3-4 anni), in seguito all'acquisizione di Endesa da parte di Enel. In quest'occasione se ne è rivista la funzionalità e si è constatato che il progetto iniziale era completo, anche se molte funzioni non sono tuttora utilizzate perché manca la regolamentazione. Ovviamente i nuovi contatori saranno dotati di nuovi dispositivi ed avranno un *layout* più compatto. Attualmente la telegestione attuata attraverso tali contatori migliora molte funzioni, ma esclusivamente commerciali; ad es. oggi il cambio di contratto o di fornitore può essere gestito remotamente e dunque con minori formalità, costi e tempi estremamente più rapidi.

Nel 2000-'01 è stato avviato un altro grande progetto (per un investimento di circa un miliardo di Euro) per il *telecontrollo degli automatismi della rete di media tensione*. Ciò

consente di isolare i guasti a livello di cabina secondaria e ridurre i tempi di intervento della manutenzione. Le interruzioni di corrente, che ammontavano in media a 180' all'anno nel 2000, sono state ridotte a circa '50.

La ricerca Enel nel campo della distribuzione è gestita in proprio, ma ci sono significative collaborazioni con CESI, RSE e l'università italiane. I progetti più importanti riguardano la mobilità, lo sviluppo di colonnine di ricarica e la ricarica domestica per l'auto elettrica. Anche questi dispositivi debbono essere dotati di auto-diagnostica in modo da poter essere distaccati in remoto. C'è un accordo con Mercedes Benz per lo sviluppo della Smart. Le prime Smart elettriche usciranno quest'anno e saranno utilizzate da flotte aziendali. Il ruolo del distributore è sostanziale per lo sviluppo dell'auto elettrica, si veda l'esempio del metano, in cui una tecnologia per l'autotrazione promettente dal punto di vista sia ambientale sia della resa è rimasta poco sviluppata per l'assenza di una rete diffusa di distributori del carburante. Le proiezioni dell'impatto sul mercato elettrico dell'auto elettrica sono molto diverse. Nell'ipotesi Enel, si dovrebbe arrivare a un milione di auto elettriche nel 2020 e, con appropriati incentivi, a 3 milioni. Uno standard del futuro riguarda la modalità di ricarica per l'auto elettrica.

Un altro grosso progetto concerne l'efficienza energetica facendo leva sulla consapevolezza del cliente per ridurre i consumi (*Energy at home*). Anche Enel, come altri operatori del mercato sta sviluppando un dispositivo da collegare ad una presa di corrente per visualizzare il consumo medio giornaliero. Tra l'altro Enel collabora con Indesit ed altri per questo dispositivo e per altri progetti di domotica. I dati dovrebbero essere a disposizione del pubblico, realizzando così un decreto AEEG.

Ci sono poi progetti sulla *regolazione di tensione primaria e sulla sicurezza della rete*, che riguardano sia gli algoritmi per il dispacciamento che le tecnologie di comunicazione.

2.3.3.6 . Progetti di altre società elettriche ¹¹

Edison. Fra le priorità di ricerca identificate dalla Piattaforma Europea Smart Grids (vedi pp. 26-27), la ricerca Edison (storica società del settore elettrico, oggi attiva sul mercato libero) si concentra primariamente su queste tematiche:

- La produzione tramite rinnovabili e l'impatto che essa ha sulla rete di trasmissione
- L'integrazione lungo tutta la catena
- L'interfaccia con la distribuzione ed i clienti.

¹¹ La presente rassegna non è esaustiva, come invece quella relativa ad altri soggetti. Essa si riferisce ai principali progetti o linee di attività innovative portate avanti dalle imprese coinvolte nel progetto di ricerca oggetto del rapporto. Si è ritenuto comunque utile riportarle, in quanto è rilevante esemplificare la tipologia e l'oggetto delle attività svolte dalle imprese che partecipano al mercato elettrico competitivo.

Sulle linee predette vanno a incidere anche competenze pregresse di Edison, quale quella sullo *stoccaggio* (la ricerca sulle batterie si avvale dell'elettrochimica, che è una competenza storica di Edison). L'attività prevalente consiste nella *valutazione tecnico-economica di tecnologie, quali ad es. le batterie REDOX al vanadio*. Un altro tema di ricerca riguarda lo studio di un *sistema di stoccaggio abbinato all'eolico*, con una metodologia che parte dall'analisi dei meccanismi che determinano il prezzo dell'energia rinnovabile: da questo, dedotti i costi, si ottiene un margine che permette di determinare un livello di costo sotto il quale un sistema di stoccaggio diventa interessante. In Italia meridionale, dove spesso TERNA distacca gli impianti eolici ¹², lo stoccaggio potrebbe essere una soluzione economicamente sostenibile, come servizio alla rete, ovvero come soluzione che l'operatore della rete potrebbe incentivare riconoscendo un'appropriata compensazione economica. Un altro tema d'interesse è il *sub-metering* e i servizi associabili al cliente, come il *demand side management* e la *demand side response*. In questo contesto, i contatori sono uno snodo chiave in quanto in un mercato come quello italiano in cui la funzione di *metering* non è separato dalla distribuzione il distributore può approfittare della propria posizione e usare il proprio contatore come barriera all'accesso.

AEM Torino (gruppo IREN). La società di distribuzione, pur essendo fortemente coinvolta in attività di innovazione della rete, non svolge grossi progetti di ricerca. La difficoltà principale, per una media azienda come AEM, è di elaborare una sua visione delle smart grid. Infatti le tecnologie che concorrono a comporre una smart grid sono eterogenee, non solo dal punto di vista tecnologico, ma anche per quanto concerne i soggetti che le creano/utilizzano. Per questo motivo, se le smart grid sono sicuramente uno degli argomenti più dibattuti anche a livello di distribuzione, questo non deve indurre a pensare che sia un campo su cui si stia facendo in termini di ricerca o investimenti.

L'impegno principale attuale è sul fronte dello smart metering. Entro il 2010 finirà l'installazione dei contatori intelligenti. Già oggi l'85% dei contatori è telegestita (cioè la fatturazione si può basare su una lettura effettiva e non su un consumo stimato). Si tratta di sistemi di misura che, per evidente differenza di taglia, AEM ha acquistato a differenza di Enel che li ha sviluppati in proprio, loro hanno acquistato. Gli smart meter sono visti come un primo (piccolo) passo verso le smart grid. La prima forma di intelligenza è la misura in tempo reale dei flussi. Solo presupponendo questa si può incorporare una gestione della generazione distribuita. Tuttavia, il cammino che dai contatori elettronici porta a un effetto di efficienza (energetica, ambientale, di sicurezza) è lungo e complesso. Ad esempio, attualmente, ad AEM manca ancora una visione aggregata dei consumi dell'utenza in tempo reale. I contatori sono in grado di rilevarli,

¹² La produzione eolica in Italia è attualmente installata prevalentemente nelle regioni meridionali e, in particolare, in Puglia. Per problemi di sicurezza della rete attualmente circa il 10% dell'eolico prodotto annualmente (0,6 dei 6 terawatt) non viene spacciato, con un danno evidente per le imprese di generazione che hanno effettuato l'investimento, oltre che in termini di obiettivi ambientali.

ma occorre modificare profondamente il sistema di gestione, perché questo è stato creato per svolgere la funzione della fatturazione e non per quella della comunicazione e della gestione. La gestione della cresciuta complessità insita nell'implementazione delle smart grid genererà sicuramente delle opportunità di business. E' probabile tuttavia che tali opportunità saranno colte da chi gestisce la vendita (in futuro la compravendita) dell'elettricità, piuttosto che non da chi eroga, in condizioni obbligatoriamente non discriminatorie i servizi di distribuzione e misura.

Compagnia Italiana Energia S.p.A. (CIE) opera nella vendita di energia, attraverso la società Energrid, e in generale in varie attività di servizio connesse all'energia (Energy management).

Grazie al collegamento con il Gruppo Gavio, la società integra nel comparto energetico la significativa presenza di quest'ultimo nel mondo delle infrastrutture. CIE partecipa a iniziative di ricerca finanziate dalla Comunità Europea e dalla Regione Piemonte, collaborando a livello nazionale e internazionale sia con imprese private, sia con Enti e Istituzioni pubbliche. Partecipa inoltre al Polo di Innovazione della Regione Piemonte "Energie Rinnovabili e biocombustibili". Da qui deriva per esempio un importante tema di ricerca (progetto TIPE, finanziato dalla Regione Piemonte), che è quello connesso alla fattibilità e agli impatti delle interconnessioni (in termini di radiazioni, sui sistemi territoriali e sui sistemi elettrici) tramite linee interrato in corrente continua. Tali *merchant lines* potrebbero essere realizzate seguendo i tracciati autostradali di proprietà del gruppo. In particolare la ricerca è connessa allo studio di fattibilità per l'interconnessione elettrica tra Italia e Francia, tramite una linea interrato in corrente continua, con capacità di trasporto pari a 1.000 MW.

Sorgenia opera nella vendita e nella produzione di elettricità. Essa non effettua direttamente attività di ricerca, ma la sua attività innovativa passa per lo più attraverso Noventi, una società di *venture capital* da loro partecipata. La società valuta proposte di ricerca e le finanzia. Sorgenia non entra facilmente in modo diretto in attività di ricerca consortile, non per mancanza di opportunità ma per la scarsa concretezza di molte proposte. Non disponendo né di reti di trasmissione né di distribuzione, Sorgenia è interessata alle smart grid soprattutto in quanto titolare di contratti con il cliente finale, come opportunità per fornire servizi di migliore qualità oppure servizi innovativi, ad es. per il risparmio energetico. Il *prosumer* è il loro *target* di riferimento nel nuovo mercato che si verrebbe a creare. Oggi si comincia con il tetto fotovoltaico, domani l'auto elettrica ed i servizi controllabili a distanza costituiranno una gamma di esigenze e, conseguentemente, di servizi a valore aggiunto in cui la società conta di trovare spazi di azione.

In merito a questo mercato nascente, Sorgenia stima che i problemi siano più di natura normativa che tecnologica. Il punto è immaginare il ruolo delle smart grid in un mercato veramente liberalizzato. Non esistendo una normativa per i servizi a valore aggiunto, non esiste tecnologia applicata già efficace. Mancano gli standard. C'è un freno da parte

dei fornitori di tecnologie, perché molti prodotti sono proprietari. Inoltre, le società di distribuzione non hanno incentivi a rinnovare le loro reti. L'inerzia dei distributori limita anche l'interesse di Sorgenia a partecipare a ricerche consortili. L'interesse principale di Sorgenia sarebbe comunicare direttamente con il cliente finale, attraverso una propria piattaforma tecnologica: un 'campo di gioco' dove definire gli standard e le regole.

Un tema di ricerca riguarda i *contatori*. Nel 2000, non essendoci neppure ancora sul mercato dispositivi consolidati, Sorgenia installava propri contatori presso i clienti industriali. Oggi, è interessata a dispositivi che leggano le misure e le trasmettano direttamente sul cavo elettrico. Dispositivi che esistono, ma costano ancora troppo. L'unica soluzione praticabile è che il distributore metta a disposizione i propri dati, oppure che esista un 'mediatore' che possiede i contatori e renda disponibili i dati a tutti. Dato che la fascia di mercato prevalente di Sorgenia è la PMI e la piccola attività commerciale, la loro priorità è coinvolgere l'Autorità in un processo che porti a un quadro regolatorio chiaro.

Sorgenia ha inoltre progetti di R&D nel *fotovoltaico* e sulle *biomasse*. L'ottica è applicare tecnologie prodotte da terzi al mercato italiano. Il *dispacciamento dei generatori* è un altro tema chiave, ma l'attore principale dovrebbe essere TERNA. Il tema riguarda i grossi impianti di generazione eolici che si collegano alla rete di trasmissione, ma dovrebbe essere pertinente anche la distribuzione. Qui il problema principale è normativo, in quanto manca un incentivo al distributore per sviluppare ed applicare nuove tecnologie.

2.3.3.7 Progetti Europei di Enel, RSE ed Enea

Enel ha avuto un ruolo centrale nell'elaborazione della Piattaforma Europea Smart Grids. Come abbiamo visto in 2.2, nel 2006 la piattaforma produce un documento che enfatizza il forte impatto della generazione tramite rinnovabili e la trasformazione della rete da strumento passivo ad attivo. Nel 2007 la piattaforma produce un secondo documento che individua gli ambiti di ricerca più importanti. Su questa base sono stati strutturati i primi appelli a presentare proposte del VII° programma quadro. Enel ha sottoposto il progetto ADDRESS (<http://www.addressfp7.org/>) che raggruppa un consorzio di 25 partner fra società di distribuzione, enti di ricerca, *manufacturer* e imprese nel settore ICT ed ha l'obiettivo di rendere possibile la partecipazione al mercato dei piccoli clienti e dello *small business*. Il progetto è in continuità con PHENIX che indirizza le reti a media tensione.

RSE è attivamente impegnato in numerosi progetti Europei attinenti le smart grid. Molti di questi fanno seguito ai progetti del V° e VI° programma quadro citati al cap 2.2, Fra questi citiamo:

- *DER-LAB* (<http://www.der-lab.net/>) è una rete che raggruppa le infrastrutture Europee per il *testing* e la pre-standardizzazione di risorse energetiche distribuite, a cui è strettamente associato DERRI (Distributed Energy Resources Research Infrastructure - vedi <http://www.der-ri.net/>), un progetto che si propone di mettere a disposizione senza oneri alla comunità di ricerca europea questi laboratori tramite procedure comuni. Lo sperimentatore può così accedere ad una vasta gamma di laboratori tramite un singolo punto d'entrata che provvede un'informazione omogenea e permette di selezionare l'infrastruttura più consona ai bisogni dell'utente.
- *More MICROGRIDS* prosegue l'attività di MICROGRIDS sulle microreti, sostanzialmente in direzione della sperimentazione e della pre-standardizzazione di componenti per la realizzazione di microreti. Il progetto non ha ancora un sito ufficiale pubblico.
- *Open Meter* (<http://www.openmeter.com/>) ha l'obiettivo di specificare un set completo di standard pubblici ed aperti per le interfacce di sistemi di misura avanzati per l'elettricità, il gas ed il calore, sulla base del consenso di tutti gli *stakeholder* del settore. Il progetto indirizza anche i *gap* di conoscenza per l'adozione di questi standard e tutti gli altri aspetti ad essi relativi: regolamenti in sede europea, funzioni dei contatori, mezzi di comunicazione e protocolli.
- *SEESGEN-ICT* (<http://seesgen-ict.erse-web.it/>) è una rete tematica per incoraggiare l'efficienza energetica nelle smart grid. Il progetto indirizza primariamente la gestione efficiente in tempo reale di queste reti che richiede tecniche complesse di comunicazione, protezione, prognosi e gestione clienti. SEESGEN indirizza i requisiti e le barriere all'adozione di smart grids e produrrà raccomandazioni politiche, identificherà buone pratiche e stenderà scenari per l'adozione di smart grids. Alla rete partecipa anche ENEA.

Interessante, anche se più marginale rispetto al tema di interesse di questo rapporto, è anche CRUTIAL (<http://crutial.erse-web.it/>), un progetto che cerca di modellare le interdipendenze fra infrastrutture critiche e di fornire soluzioni architettoniche appropriate a rendere queste infrastrutture più robuste rispetto a guasti e attacchi informatici.

Nell'ambito dell'EERA (European Energy Research Alliance), un'alleanza strategica fra dieci grandi enti di ricerca energetica Europea per varare programmi di ricerca congiunti a supporto del SET Plan (<http://www.eera-set.eu/home>), Enea gestisce il programma congiunto Smart Grids, ufficialmente lanciato i primi di giugno in occasione della *SET Plan summit conference* di Madrid. Il programma, che vede la partecipazione di 13 enti di ricerca europei in rappresentanza di 10 nazioni [AIT(AT), ECN (NL), ENEA (IT), RSE (IT), IWES (DE), JRC (NL), LABEIN (ES), LABORELEC (BE), Risø DTU (DK), SINTEF (NO), TUBITAK (TR), VITO (BE) e VTT (SF)], è stato sviluppato in stretta sinergia con le iniziative industriali europee (in

particolare EEGI) con l'intento di favorire il raggiungimento degli obiettivi del SET-Plan. Il programma di ricerca è articolato in quattro sottoprogrammi:

- SP1 - Network Operation
- SP2 - Energy Management
- SP3 - Control System Interoperability
- SP4 - Electrical Storage Technologies

2.3.4 La posizione relativa dell'Italia

In ambito europeo, come indicato in 2.2, anche sulla scorta dei finanziamenti comunitari previsti dal SET Plan, sono state avviate o sono in corso di sviluppo, tre ampie attività applicative nell'ambito del solare, dell'eolico e delle reti intelligenti, in forma di *European Energy Initiatives*. Il posizionamento delle imprese italiane in queste attività è molto indicativa dei punti di forza e debolezza del sistema paese. In sintesi le aree di ricerca sono le seguenti:

- *DESERTEC* (2010), un vasto progetto per fare uso dell'energia solare dei deserti del Nord Africa e del Medio Oriente, realizzato dal consorzio DII (Desertec Industrial Initiative) GmbH. A questo è associato *TRANSGREEN* (2010), un progetto per connettere questi impianti solari alla rete Europea tramite cavi sottomarini nel Mediterraneo. Queste iniziative sono finanziate da capitale prevalentemente francese e tedesco (EdF, EoN e Deutsche Bank fra i principali sponsor). La posizione geografica italiana di ponte lanciato sul Mediterraneo è però una premessa importante affinché il nostro paese non sia tagliato fuori da tali progetti.
- *La European Wind Initiative*, (2010), una roadmap decennale per lo sviluppo dell'energia eolica lanciata dall'EWEA (European Energy Wind Association), ed OffshoreGrid, uno studio tecnico-economico delle relative connessioni con la rete di trasporto Europea, finanziato tramite il programma Intelligent Energy Europe. Il programma interesserà primariamente l'energia eolica del Mare del Nord. In un secondo momento i risultati saranno estesi, in termini qualitativi, al Mediterraneo, che però è attualmente è lasciato ai margini del core delle attività di ricerca.
- Sulla terza linea di ricerca, dedicata alle *reti intelligenti* Enel intende giocare la propria capacità tecnologica e la propria esperienza applicativa, assumendo presumibilmente un ruolo di primo piano (Il Sole, 2010a), contestualmente con l'ingresso nel consorzio *DESERTEC*. Il progetto integrato *ADDRESS*, che è guidato da Enel, sarà uno dei fattori per imporre questa visione, probabilmente non l'unico. Un altro attore importante a livello nazionale è Prysmian (ex Pirelli cavi) che vanta competenze di primo piano sui cavi di trasporto sottomarini (Il Sole, 2010b).

Più in generale, il primato tecnologico Enel nel settore automazione, che si è estrinsecato fra l'altro nello sviluppo e nell'applicazione su larga scala dei contatori con

telemisura, per cui Enel vanta un primato nel mondo, ha condizionato la capacità tecnologica del sistema paese su questo fronte.

Per quanto concerne le cosiddette *super grid*¹³, è chiaro che queste costituiranno una grossa opportunità per l'Italia data la sua posizione al centro del Mediterraneo. Aldilà delle riserve che alcuni ambienti industriali paiono esprimere sulle *super grid* per il trasporto dell'energia rinnovabile e più in generale sulla fattibilità dei grandi impianti solari promossi da DESERTEC, molti collegamenti dovranno raccordare l'Italia all'Africa del Nord, via Sardegna/Corsica, Sicilia e Creta /Grecia/Albania.

2.4 Il confronto con la posizione americana

La concezione americana di smart grid è riportata nel frontespizio del sito web del Dipartimento dell'Energia (<http://www.oe.energy.gov/smartgrid.htm>) in questi termini:

'The electric grid delivers electricity from points of generation to consumers, and the electricity delivery network functions via two primary systems: the transmission system and the distribution system. The transmission system delivers electricity from power plants to distribution substations, while the distribution system delivers electricity from distribution substations to consumers. The grid also encompasses myriads of local area networks that use distributed energy resources to serve local loads and/or to meet specific application requirements for remote power, village or district power, premium power, and critical loads protection. "The Smart Grid: An Introduction" is a publication sponsored by DOE's Office of Electricity Delivery and Energy Reliability that explores - in layman's terms - the nature, challenges, opportunities and necessity of Smart Grid implementation. Additional books, released in 2009, target the interests of specific stakeholder groups: *Consumer Advocates, Utilities, Technology Providers, Regulators, Policy Makers and Environmental Groups*, to explain in greater detail what the Smart Grid will mean to each us.'

Per quanto non si possano a prima vista evincere sostanziali differenze con la visione europea, va osservato che il Dipartimento intende fondare sostanzialmente questa visione sulla consultazione con diversi gruppi d'interesse, fra cui spiccano i rappresentanti dei consumatori (al primo posto) e i gruppi ambientalisti (all'ultimo). Le differenze d'enfasi fra la visione americana e quella europea rimontano a questa impostazione diametralmente opposta. Negli USA si tenta attraverso la visione smart grid di rappresentare in modo organico gli interessi del consumatore, laddove la fondazione *bottom-up* della Piattaforma Europea Smart Grids ha probabilmente privilegiato il punto di vista delle altre categorie di *stakeholder*: *utilities, technology provider*, regolatori, ambienti politici e ambientalisti, tutti rappresentati nella Piattaforma, dove invece le associazioni di consumatori sembrano aver avuto un ruolo minore. L'enfasi sul fatto che il documento fondativo di questa visione (US DoE, 2009) esplori le opportunità offerte dalle smart grid in '*layman's terms*' - ovvero, 'in linguaggio profano' - è estremamente significativo. La Piattaforma Europea, per contro, è stata formata sostanzialmente da addetti ai lavori. Si può anche osservare che la

¹³ È il termine invalso per designare le Smart Grid nel settore trasmissione.

visione americana riconosce pragmaticamente che molta tecnologia per le smart grid è pronta, per cui i finanziamenti ad applicazioni regionali e locali rappresentano una quota importante del totale (615 M\$ su 3375 M\$) allocato dal piano operativo del 2009 - l' *American Recovery and Reinvestment Act* (ARRA, 2009), che è un piano per stimolare la crescita economica del paese -, laddove la Piattaforma Europea è stata orientata a influenzare piuttosto il programma quadro di ricerca FP7, che stanziava sul tema circa 2.35 B€ su un totale di 32.413 B€ in 7 anni, vedi: cordis.europa.eu/fp7/energy/home_en.html.

La definizione della piattaforma americana è comunque ancora in corso d'opera, infatti il sito *web* del DoE citato sopra sottolinea che il Dipartimento sta conducendo una serie di Smart Grid E-Forum con i gruppi d'interesse predetti, per discutere costi, benefici, incentivi al consumatore, implementazione e sviluppo delle smart grid. Il coordinamento dell'azione è affidato ad una *task force* federale (Federal Smart Grid Task Force) costituita nell'ambito del titolo XIII dell' *Energy Independence and Security Act* del 2007 (EISA, 2007).

L'attuale visione del Dipartimento è riportata nel documento Grid 2030 vision (US DoE, 2003), che è un appello a costruire un sistema elettrico per il XXI secolo in grado di "connettere ognuno in ogni luogo ed in ogni momento ad un'energia elettrica a buon mercato, pulita, efficiente e affidabile". Questo documento definisce l'intero sistema elettrico del futuro come una smart grid, capace d'integrare funzioni avanzate nella rete così da aumentare affidabilità, efficienza e sicurezza del sistema elettrico americano a venire. Il fattore chiave del processo di modernizzazione è costituito dalle tecnologie informatiche (comunicazioni, microprocessori, tecnologie IT avanzate). Queste funzioni avanzate sono state definite dagli *stakeholder* sopra indicati nell'ambito del *Modern Grid Strategy project* del National Energy Technology Laboratory (NETL, 2010) nei seguenti termini:

- capacità del sistema di auto-ripararsi (*self healing*)
- abilitare una partecipazione attiva dei consumatori al gioco domanda/risposta
- essere in grado di reagire agli attacchi fisici e cibernetici
- fornire energia di qualità per i bisogni del 21° secolo
- abilitare nuovi prodotti, servizi e mercati
- ottimizzare la gestione degli *asset* e operare efficientemente



In sintesi, questa visione pone un'enfasi sostanziale sulle capacità *self healing* e sulla *resilience* (affidabilità) del sistema rispetto alla Piattaforma Europea, come anche sul ruolo delle tecnologie informatiche. Essa deriva direttamente da quella di Massoud Amin, richiamata nell'introduzione di questo capitolo, e risponde ad una diversa missione strategica del sistema elettrico, come anche alla maggiore debolezza oggettiva del sistema elettrico americano rispetto a quello europeo. È anche chiara l'influenza dell'industria informatica americana che ha creato un mercato per la sicurezza dei sistemi che in Europa è ancora agli albori. In Europa le ricerche relative alla *resilience* del sistema sono rimaste per lo più oggetto di ricerca dei laboratori industriali e dell'accademia, ma le ricadute applicative non sembrano per ora paragonabili a quelle americane.

In conclusione, si tratta dunque di una posizione che pone il concetto delle smart grid all'interno di una visione di "difesa" da nemici esterni, oltre che di naturale sviluppo tecnologico ed economico. A parità di oggetto di ricerca, una tale posizione non può essere senza implicazioni, portando a privilegiare certi aspetti su altri. Per esempio tutta la visione che vede la maggiore sicurezza e autosufficienza dei sistemi elettrici come il principale motore dell'innovazione nelle smart grid è tipicamente americana e porta a dare peso e risorse a tutti i temi ad essa connessi, come il ruolo che può avere l'auto elettrica come bacino di accumulo accessibile in caso di emergenza o il tema della smart grid come sistema locale in grado di garantire una minima autosufficienza in caso di choc.

2.5 Conclusioni

2.5.1 Perché ci si muove?

La Visione della Piattaforma Smart Grids (ETP, 2006) sintetizza bene i principali *driver* che spingono all'adozione delle smart grids:

- l'emergenza della generazione distribuita e delle fonti rinnovabili e la loro sempre più larga diffusione;
- l'interoperabilità delle reti energetiche europee nel quadro della liberalizzazione del mercato europeo dell'energia;

- i pressanti obiettivi ambientali dell'Unione Europea, allora sintetizzati nel protocollo di Kyoto;
- la fattibilità di adottare un approccio che ponga l'utente al centro nel rinnovo delle reti europee, anche come modalità per rispondere alla domanda d'energia e di modularla;
- la sicurezza della fornitura.

Questo quadro di sfide ed opportunità tecnologiche è stato successivamente incorporato nelle politiche (riassunte dal famoso *slogan* 20 20 20) del *Climate and Energy Package* dell'Unione Europea, proposte a inizio 2007 dalla Commissione e adottate definitivamente nel Dicembre 2008 dal Consiglio e dal Parlamento Europeo. Quest'ultimo è il quadro di riferimento politico che ispira lo *Strategic Energy Technology (SET) Plan* dell'Unione Europea, all'interno del quale si situano le iniziative ed il quadro di finanziamento che abbiamo commentato nel cap. 2.2.

Questi sviluppi hanno luogo in un quadro normativo in forte evoluzione. Dopo la prima Direttiva 96/92/EC sulla liberalizzazione *del mercato elettrico* del 1996, il quadro regolamentare è stato rivisto e completato dalla successiva Direttiva 54/EC del 2003 sul *Mercato Interno dell'Elettricità*, e ulteriormente rivisto dalla Direttiva 72/EC del 2009 sullo stesso argomento. Gli Stati membri avevano appena completato il processo di adeguamento alla Direttiva del 2003 quando è intervenuta la nuova Direttiva.

In sostanza, la Direttiva 54/EC/2003 emendava l'assetto precedente con l'obiettivo di garantire un terreno competitivo livellato sul mercato della generazione, riducendo i rischi di dominanza del mercato e di comportamento predatorio, assicurava tariffe non discriminatorie per la trasmissione e la distribuzione d'elettricità, garantiva un accesso aperto alle reti alle terze parti (ovvero ai piccoli consumatori e produttori) e rendeva obbligatorio fornire al consumatore piena informazione sulle fonti di generazione e sul loro impatto ambientale da parte del proponente il contratto di fornitura. L'accesso libero, non discriminatorio, alle reti era garantito dalla separazione in società autonome degli operatori di trasmissione e di distribuzione, che agiscono in situazione di monopolio naturale, dagli operatori attivi su basi competitive, come i produttori e i broker di energia.

La nuova Direttiva 72/EC/2009 fa parte del *Third Energy Package* ed è quindi stata adottata contestualmente alle politiche energetiche del *Climate and Energy Package* surriferite. La nuova Direttiva prescrive opzioni più chiare per garantire l'indipendenza degli operatori della trasmissione, istituisce nuove misure per migliorare il funzionamento del mercato dell'elettricità e del gas, istituisce un'Agenzia di Cooperazione fra i Regolatori nazionali per l'Energia (ACER), aumenta i poteri di questi enti regolatori, istituisce misure per assicurare una cooperazione più efficiente fra i TSO (gli operatori del sistema di trasmissione), e misure per rinforzare la sicurezza

della fornitura. Prescrive ulteriori misure per la protezione del consumatore, e impone infine che gli stati membri adottino contatori intelligenti entro il 2020 (Brazai, 2009).

2.5.2 I temi di indagine più importanti¹⁴

Come abbiamo visto, il documento ERGEG (2009) pone in rilievo tre prospettive: smart grid per la trasmissione, per la distribuzione e per l'utente. Sono tre settori con problematiche profondamente diverse. La Roadmap EEGI elabora questa visione assai schematica identificando sei livelli funzionali:

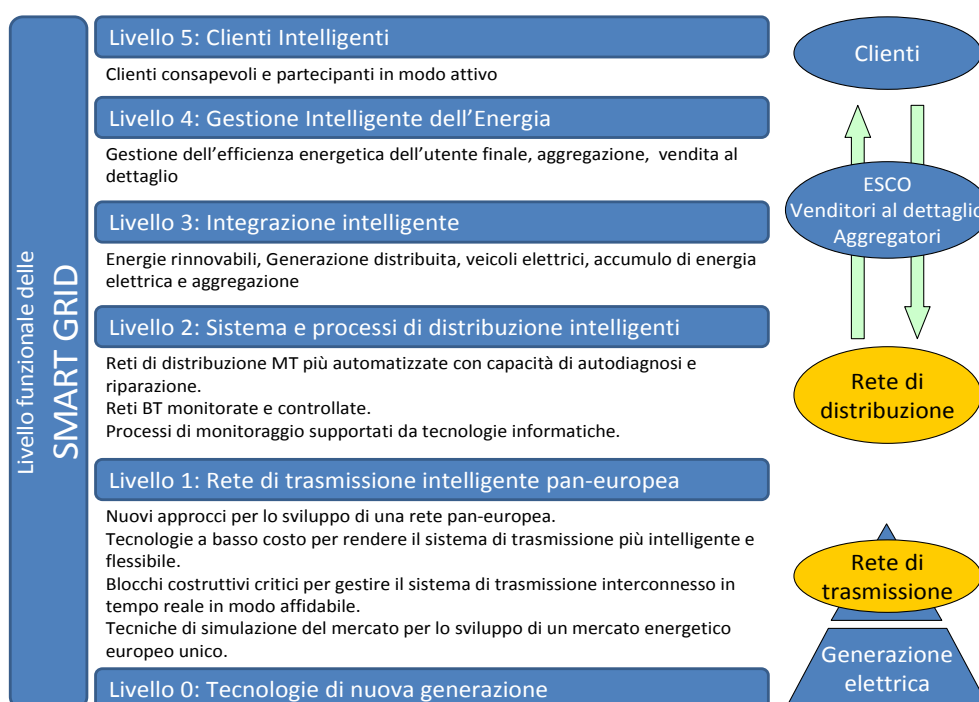


FIGURA 1: LIVELLI FUNZIONALI DELLE SMART GRIDS E PRINCIPALI TEMI DI RICERCA E SVILUPPO SECONDO EEGI (P. 15)

Nella trasmissione (*Smart pan European transmission network*), la ricerca Europea procede sostanzialmente sui temi indicati dalla Roadmap EEGI (2010) della cui genesi abbiamo discusso in 2.2:

¹⁴ In questo paragrafo si è avuta particolare cura di evidenziare le tematiche che implicano lo sviluppo di software.

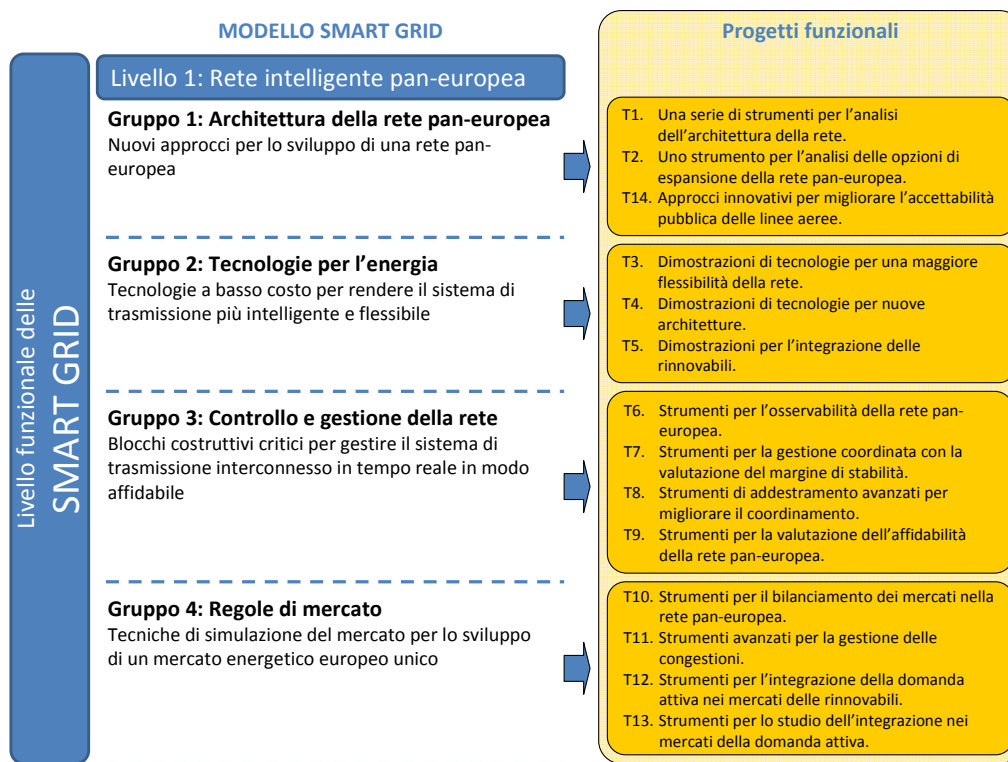


FIGURA 2: CLUSTER E PROGETTI DEL 1° LIVELLO (RETE PAN-EUROPEA) SECONDO EEGI (P.16)

In sostanza:

1. *Pan European grid architectures* sviluppa strumenti per la valutazione di nuove architetture di rete e per studiare l'estensione delle reti. Si valuta anche l'impatto sul pubblico di nuove linee aeree. I primi due temi sono sostanzialmente imperniati sulla simulazione delle reti.
2. *Power technologies*. È un *cluster* che indirizza soprattutto progetti dimostrativi di tecnologie di potenza e per l'integrazione delle rinnovabili.
3. *Network management and control*. Si sviluppano strumenti per il controllo e la valutazione della stabilità della rete. Anche questo tema, come quello descritto al punto , prevede un uso esteso di strumenti di simulazione della rete. L'enfasi qui è però sul controllo, quindi sulla simulazione in tempo reale.
4. *Market rules*. Bilanciamento, gestione delle congestioni, integrazione di rinnovabili. Ancora una volta su queste tematiche, sono le tecniche di simulazione che intervengono primariamente, ma principalmente al fine di valutare le implicazioni economiche di nuovi quadri regolatori.

In sintesi, tre dei quattro *cluster* si appoggiano fortemente su tecniche di simulazione, ma secondo tre diverse specializzazioni (per la pianificazione di rete, per il controllo in tempo reale, simulatori economici). Secondo una recente *survey* dell'Economist (12 Giugno 2010) sulle tecnologie emergenti, entra poi in gioco una quarta tematica

software intensive: la previsione meteorologica, essenziale per valutare la convenienza delle installazioni dei rinnovabili, ma anche per la loro gestione in tempo reale (le condizioni atmosferiche hanno impatto sui rinnovabili, come è ovvio, ma anche sulle prestazioni dei conduttori di rete e sui profili di consumo). Quest'ultimo tema è stato toccato anche al recente convegno sulle smart grid di Tortona ¹⁵.

In buona misura le stesse tematiche interessano anche le future reti di distribuzione attive. Del resto, il rapporto EEGI (2010) è stato realizzato congiuntamente dall'ENTSOE e da un gruppo di distributori, l'EDSO Smart Grids. Tuttavia, dato che è difficile che si attui una concertazione europea sulle tematiche di pianificazione, per la disparità delle situazioni locali, e l'elevato numero di operatori coinvolti, l'enfasi si situa principalmente sulle altre tre tematiche. In merito, è utile confrontare i temi del progetto ADDRESS con quelli investigati da Gallanti (2010).

ADDRESS è un progetto integrato verticale che coinvolge sia l'area della distribuzione che l'interazione con l'utente. Il progetto coinvolge non soltanto le maggiori *utilities* europee, ma anche un esteso gruppo di TSO e di DSO oltre ai principali *manufacturer* e ad importanti *technology provider* nel settore. Nel sito del progetto gli obiettivi sono sintetizzati come segue:

‘ADDRESS vuole studiare, sviluppare e validare soluzioni per abilitare la domanda attiva e sfruttarne i benefici.

Per abilitare la domanda attiva ADDRESS intende:

- Sviluppare soluzioni tecniche sia sul sito del cliente sia al livello del sistema elettrico
- Identificare le possibili barriere contro lo sviluppo della domanda attiva e sviluppare raccomandazioni e soluzioni per la rimozione di tali barriere considerando gli aspetti economici, legislativi, societari e culturali.

Per sfruttare i benefici della domanda attiva ADDRESS:

- Identificherà i potenziali benefici per i differenti attori presenti nel sistema elettrico
- Svilupperà appropriati meccanismi di mercato e contrattuali per gestire i nuovi scenari
- Studierà e proporrà misure di accompagnamento per gestire gli aspetti societari, culturali e comportamentali

Quindi si intende provvedere soluzioni tecniche che abilitino lo sviluppo di reti attive ma anche investigare gli ostacoli alla loro diffusione, identificarne i benefici economici e proporre misure per facilitarne l'adozione.

Il progetto RSE finanziato dalla Ricerca di Sistema descritto da Gallanti (2010) abbraccia sia le Reti Attive che la Generazione Distribuita ed i Sistemi di Accumulo.

¹⁵ Reti intelligenti: il futuro passa da qui. Dal progetto TIPE alle smart grid. 18/05/2010, Rivalta Scrivia.

Sul fronte delle Reti Attive, si investigano problematiche attinenti la *Definizione di nuovi modelli di business*, la *Pianificazione efficiente di reti attive* e la *Diffusione della Generazione Distribuita sulle attuali reti di distribuzione*. Sotto il profilo tecnologico, si sperimentano sistemi di controllo, di comunicazione, sensori, contatori integrati, e interfacce fra generatori e rete.

Nelle reti utente e nel rapporto con l'utente, le tematiche fondamentali sembrano essere: il controllo distribuito, la disponibilità dei dati e l'interfaccia con l'utente

- Il controllo distribuito significa regolare l'accensione/spegnimento degli elettrodomestici ed eventualmente regolarne il consumo in tempo reale. Nel caso la rete domestica includa fonti di autoproduzione e dispositivi d'accumulo, il controllo si prende cura anche di regolare la funzionalità di questi dispositivi e di governare l'autoproduzione, l'accumulo e la compravendita d'energia attraverso la rete di distribuzione in base alla convenienza economica del momento. Problematiche sostanzialmente simili di controllo e dispacciamento interessano anche le reti utente cui siano interfacciati diversi auto produttori.
- La disponibilità dei dati relativi al consumo energetico istantaneo. Per quanto questi dati siano disponibili tramite la telemisura, essi sono poco informativi e di difficile consultazione, sia perché il contatore è in genere di accesso scomodo, sia perché il consumo d'energia istantaneo non dice molto all'utente finale. Sarebbe utile dare visibilità all'utente di questi dati riferendoli al prezzo dell'energia ed inoltre fornire dati integrati sul consumo giornaliero, mensile ecc. Questo è tecnicamente fattibile con poca spesa e, come visto, molti Energy Trader stanno sviluppando dispositivi con cui dotare i loro clienti come base per offrire servizi a valore aggiunto che ha rilievo per il risparmio energetico.
- Alla problematica della disponibilità dei dati si associa quella della presentazione di questi dati in un ambito informativo contestualizzato al rapporto contrattuale con il venditore, all'indicazione delle fonti d'energia utilizzate (autoproduzione, energia verde), e all'indicazione di servizi aggiuntivi.

La prima tematica comporta ancora attività di ricerca, anche se molto è già stato fatto nel contesto di progetti collaborativi che vedono coinvolte utilities, energy trader, produttori di elettrodomestici e di micro generatori per l'uso domestico o nella piccola impresa. Le ultime due tematiche riguardano l'innovazione più che la ricerca, e inducono anche problematiche regolatorie e di standardizzazione (disponibilità dei dati e loro formato nel contesto dei protocolli di comunicazione adottati), in un contesto in cui è ovviamente d'essenziale importanza l'assetto del mercato al dettaglio e il ruolo del regolatore. La disponibilità a breve di auto elettriche sul mercato aggiunge ulteriore interesse e nuovi spunti a queste tematiche.

CAPITOLO 3. L'IMPATTO SUL SISTEMA ECONOMICO

3.1 Le categorie di stakeholder coinvolti: ruolo e prospettive

3.1.1 Un quadro di interazione complesso

Le smart grid sono una tecnologia di rete che si applica a un prodotto, l'elettricità, già esistente sul mercato e di uso comune. Questa semplice constatazione è però in grado di spiegare gran parte della complessità del quadro relativo agli attori chiamati in causa da tale visione.

Il primo livello di complessità è riferito al fatto che stiamo parlando di una tecnologia che si applica a un prodotto esistente. L'energia elettrica attualmente consumata non differirà in modo significativo da quella che verrà prodotta, scambiata e consumata in un quadro di reti intelligenti. Quello che può apparire una semplificazione, in quanto non si tratta di innovare un prodotto ma solo il processo relativo alla sua gestione, è in questo caso invece un elemento di complessità. Esistono, infatti, degli status quo in tutte le fasi del processo produttivo (produzione, trasporto, distribuzione, vendita e consumo), rappresentati da consuetudini di azione, meccanismi psicologici di consumo, standard di sicurezza, schemi contrattuali. Tali consuetudini rappresentano una zavorra, diffusa a tutti i livelli del sistema, in grado di ritardare la reale implementazione delle smart grid. Le smart grid potranno esplicare i benefici auspicati solo in presenza di un'ampia diffusione e di un'applicazione del modello in tutte le sue sfaccettature. E un'ampia diffusione implica un cambiamento nelle consuetudini di azione a tutti i livelli.

Il secondo livello di complessità è riferito alla natura di tecnologia di rete delle smart grid. Per gli economisti le tecnologie di rete sono quelle tecnologie che coinvolgono più agenti in un'interazione, e per le quali esistono delle esternalità positive, dette appunto di rete. In termini semplici questo significa che il beneficio per il singolo agente non dipende solo dalla sua adozione individuale della tecnologia, ma è proporzionale al numero di altri agenti che entrano nel gioco. Le smart grid saranno utili ai vari stakeholder solo se tutti i tipi di stakeholder parteciperanno alla loro implementazione, e l'utilità sarà tanto maggiore quanto più il modello diventerà pervasivo.

Sarà dunque opportuno, prima di passare ad analizzare gli scenari di coinvolgimento dei vari attori, definire con precisione per ogni tipologia di stakeholder il modo con cui le smart grid entreranno nel suo raggio di azione, il ruolo che esso vi può tenere e le aspettative connesse all'adozione.

3.1.2 Classificazione degli stakeholder

Possiamo distinguere gli stakeholder in due grossi gruppi: gli attori direttamente connessi alla rete e i portatori di interesse indiretti, che però influiscono sull'assetto finale del sistema sia in termini di definizione di alcuni standard, sia di azioni di pressione.

Attori coinvolti direttamente:

- Generatori (produttori di elettricità specializzati)
- Prosumers (piccoli produttori di elettricità prevalentemente per autoconsumo)
- Consumatori (utilizzatori puri di elettricità), singoli o nella figura emergente di consorzi di acquisto
- Venditori (broker che agiscono in termini di compravendita di elettricità all'ingrosso e al dettaglio)
- Gestori delle reti (di distribuzione e di trasmissione)

Portatori di interesse indiretti:

- Produttori industriali (di dispositivi di potenza, elettronici di controllo...)
- Imprese di servizi
- L'autorità (l'ente di regolazione) e il governo
- Altri stakeholder indiretti:
 - o Le popolazioni che vivono nei pressi delle centrali di generazione (esistenti o previste)
 - o Le imprese delle filiere che intersecano le smart grid (elettrodomestici, auto, demotica, telecomunicazioni)

Vediamo ora come la visione “*smart grid*” entra in contatto con queste categorie, evidenziando quali vantaggi possono derivare a ciascuna di esse, quali difficoltà possono sorgere e quale cambiamento di ruolo è prevedibile.

I generatori. Il comparto della generazione di elettricità, che era precedentemente granitico nel senso che, a parte qualche differenza derivante dalla tecnologia di produzione, era dominato da regole di funzionamento e strategiche comuni, deve essere ora segmentato. I grandi generatori tradizionali entrano in competizione con i titolari degli impianti di generazione distribuita, in genere prosumer, e con la produzione da rinnovabile (di piccola o grande scala). Il loro ruolo dovrebbe non essere molto mutato, se non per il fatto che la maggiore intelligenza della rete e la maggiore partecipazione della domanda rendono i mercati elettrici più competitivi. Discorso a parte vale per le rinnovabili, il cui futuro è strettamente connesso allo sviluppo delle smart grid.

Attualmente il grande sviluppo delle rinnovabili (che hanno coperto quasi completamente l'aumento di capacità installata negli ultimi anni) è spinto dalle tariffe estremamente agevolate del “conto energia”. Tali tariffe sono oggi soggette ad ampie critiche, anche per il fenomeno in diffusione degli investimenti stranieri nel settore, per cui si prospetta che una consistente fetta delle agevolazioni pubbliche finisca nei conti di imprese estere. L'attuale quadro tariffario potrebbe dunque divenire, in un futuro non troppo lontano, non sostenibile sia da un punto di vista finanziario sia da quello del sostegno politico. In un quadro in cui l'elettricità prodotta da fonti rinnovabili si trovasse a dover competere ad armi pari con le altre tecniche di produzione, la possibilità di poter intervenire in modo strategico sul mercato (certezza del dispacciamento, possibilità di accumulo per lucrare sui prezzi delle ore di punta, possibilità di vendere al consumatore il “plusvalore” legato all'energia verde) diverrebbe essenziale nel determinare la convenienza dell'investimento.

I prosumers. Concettualmente il prosumer non differisce troppo dal classico concetto di autoproduttore: si tratta di un soggetto che possiede un impianto di generazione volto all'autoconsumo, con la possibilità di vendere le eccedenze sul mercato. La novità sta nella taglia, che naturalmente porta enormi conseguenze. Oggi il prosumer è spesso un utente privato, una piccola impresa, persino un ente pubblico che ha un piccolo impianto di generazione, connesso alla rete per la gestione delle eccedenze e dei fabbisogni non coperti dall'impianto. In tal senso si tratta di una nuova figura che risulta strettamente connessa alle smart grid; infatti ne costituisce al tempo stesso lo stimolo, uno dei driver che ha spinto al nascita del paradigma (le reti tradizionali non sono in grado di gestire un sistema complesso di punti dispersi e di flussi bidirezionali) e uno dei tasselli base (le microreti locali sono uno dei presupposti che dovrebbe consentire alle smart grid di contribuire al risparmio energetico e alla sicurezza). Il prosumer realizza un investimento con l'obiettivo di risparmiare sui costi di approvvigionamento. Nella sua valutazione è però anche importante la gestione delle eccedenze, che entrano fortemente nel calcolo economico di ritorno dell'investimento. Per ora i prosumer hanno ruolo molto limitato, proprio perché le smart grid sono ancora un concetto teorico, un'innovazione matura ma non implementata: sono limitati nella taglia (da privato si può installare impianti di capacità pari alla propria potenza contrattuale) e nella possibilità di un ruolo attivo.

I consumatori. Le esigenze dei consumatori sono già ora estremamente differenziate, quanto lo sono i volumi e i profili di consumo. Anche il livello qualitativo richiesto (affidabilità e continuità della fornitura, costanza in termini di frequenza di erogazione) non è uguale. In generale le smart grid dovrebbero consentire un ruolo sempre più attivo della domanda e un consumo energetico razionale. L'impatto sulle varie tipologie di consumatori dipende da molte variabili differenti, quali i profili tariffari (più o meno

sensibili ai costi di generazione), gli andamenti dei consumi (che alcuni paradigmi come l'auto elettrica potrebbero far lievitare improvvisamente), l'evoluzione della tecnologia (la demotica, i sistemi di controllo automatico e remoto, la già citata auto elettrica).

I venditori. La figura del venditore è nata dal processo di *unbundling*, ovvero da quella operazione di riassetto del settore che ha realizzato la separazione delle fasi che compongono il servizio elettrico, fra soggetti diversi. Tale processo è stato indispensabile per poter introdurre il mercato nel settore, in quanto vi sono alcune fasi in cui il concetto di monopolio naturale non è più applicabile, mentre altre (quelle che si basano su una rete) che resteranno monopolio naturale per definizione. Se la rete, in bassa o alta tensione che sia, è un'infrastruttura pubblica e come tale deve essere messa al servizio di tutti, vale anche che chiunque può usarla, pagando un pedaggio per trasportare e vendere i propri prodotti. Da qui nasce la figura del venditore: un soggetto che rivende all'ingrosso (per i consumatori business) o al dettaglio (per gli utenti domestici e commerciali di piccola taglia) il prodotto elettricità. In molti casi i venditori sono anche produttori (in genere le ex municipalizzate, comunque tutti i soggetti che abbiamo intervistato) ma in certi casi il venditore agisce come puro broker che compra, basandosi su contratti bilaterali di lungo periodo per il grosso del proprio approvvigionamento ma anche accedendo alla borsa per le eccedenze, e rivende senza alcuna attività "industriale". I venditori sono estremamente interessati allo sviluppo delle smart grid, in quanto per loro la rete è uno strumento abilitante, il suo miglioramento rende possibili servizi aggiuntivi (e a valore aggiunto) al cliente e personalizzazione dei rapporti commerciali.

I gestori delle reti. Anche in un contesto di smart grid il gestore deve mantenere il sistema di distribuzione (o di trasporto) nelle condizioni di funzionamento normale controllando flussi di potenza e tensioni. Eccezionalmente (ma deve sempre essere pronto a farlo) in condizioni di guasto o di *black-out* deve agire sugli organi di controllo (interruttori, trasformatori a rapporto variabile), sui generatori e sui carichi per riportare il sistema nelle condizioni di funzionamento normali attraverso opportune misure e interventi di controllo sui sistemi. Ci sono due problemi per il raggiungimento degli obiettivi: il corretto funzionamento del sistema "interno" di distribuzione e la possibilità di alimentazione "esterna" dal sistema di trasmissione interconnesso. Sui gestori delle reti, e principalmente sui distributori, ricade principalmente l'onere della realizzazione degli investimenti per ammodernare le strutture. Alcuni investimenti, come i contatori intelligenti che sono stati installati negli ultimi anni, sono in grado di remunerarsi da soli attraverso risparmi di costo (il risparmio del personale che doveva raggiungere i clienti per le letture del contatore). In altri casi invece la rete intelligente è in grado di consentire la nascita di spazi di profitto in termini di servizi a valore aggiunto, ma questi servizi non possono essere erogati dal distributore che è tenuto ad attenersi al proprio

status di erogatore di un servizio pubblico (il trasporto in bassa tensione), e saranno quindi appannaggio delle società di vendita. Come vedremo in seguito, in questo campo, che rappresenta una condizione necessaria per la realizzazione delle smart grid ma che è caratterizzato da una situazione complessa degli incentivi all'investimento, è fondamentale il ruolo del mercato nel suo complesso (molti distributori appartengono a un gruppo più ampio con interessi nelle altre fasi del servizio) e soprattutto del regolatore, che può agire attraverso obblighi di adeguarsi a un certo standard, incentivi (guadagni sulla tariffa in caso di investimenti) o, al contrario, penalità (decurtazioni dalla tariffa in caso di mancato investimento oppure di prestazioni della rete insoddisfacenti).

I produttori industriali. I settori industriali per i quali le smart grid possono rappresentare un nuovo mercato di sbocco per i propri prodotti sono molteplici:

- le apparecchiature informatiche (ICT) per la comunicazione, il controllo e la gestione dei sistemi (hardware) e i connessi sistemi informatici per la gestione, la sicurezza e il controllo (software)
- gli strumenti e i componenti per le infrastrutture di rete (cavi, circuiti, interruttori)
- le tecnologie di generazione distribuita e di accumulo (Celle combustibili, turbine a vento, fotovoltaico, micro-idroelettrica)
- gli strumenti di misura e comunicazione avanzata

L'interesse rappresentato dall'ampliarsi dei mercati per questa tipologia di imprese è evidente. Basta pensare alla fioritura di imprese (anche di piccola dimensione) specializzata nella realizzazione di impianti da fonti rinnovabili cui si è assistito in brevissimo tempo in Italia. Quello che però va osservato è che molte imprese hanno però anche effettuato consistenti investimenti in ricerca e progetti per lo sviluppo di nuovi prodotti e che dunque faranno pressione sia perché entrino rapidamente in uso, sia perché si affermino come standard a livello internazionale.

Imprese dei servizi. Ai tempi del monopolio. Le imprese elettriche tendevano ad essere estremamente integrate e non costituivano dunque un mercato rilevante per le imprese dei servizi. La liberalizzazione prima e l'avvento prossimo delle smart grid cambierà radicalmente la situazione. I sistemi informatici e di controllo (per il controllo remoto in particolare) divengono infatti molto più complessi, le esigenze di coordinamento e comunicazione (interna ed esterna) più articolate. Le competenze specifiche richieste non sempre sono presenti nelle imprese elettriche, che quindi possono rivolgersi al mercato per specifiche esigenze. Inoltre il mercato diviene più articolato e apre lo spazio a servizi a valore aggiunto offerti al consumatore e al prosumer (dai servizi di manutenzione a quelli per la costituzione di gruppi locali di acquisto e vendita, all'energy management). Sicuramente tale mercato è attualmente meno in fermento

rispetto a quello dei produttori industriali, anche per la poca chiarezza sul quadro regolatorio e di standard definitivo che disincentiva da parte delle imprese qualsiasi investimento di grande portata. Va però segnalato che sia molti piccoli produttori di impianti di generazione distribuita, sia molti venditori, si propongono già al cliente finale con una gamma di servizi piuttosto variegata, che va ad arricchire con margini interessanti il *core business* ¹⁶.

Il regolatore. Le smart grid sono in grado di generare benessere in varie direzioni, ma affinché il surplus non venga incamerato prevalentemente dalle imprese *first comer*, e affinché gli investimenti non si concentrino solo negli aspetti in grado di generare vantaggi per le imprese, trascurando gli investimenti che portano benefici collettivi non appropriabili dalle imprese, è indispensabile almeno in fase di avvio una forte attività di regolamentazione. Questa è giustificata proprio dalla presenza di benefici collettivi che fanno della rete intelligente un bene pubblico e dalla sua natura di utilità che deve essere posta a disposizione di tutti. Il regolatore deve definire regole tecniche, meccanismi tariffari e di incentivazione per ottenere efficienza economica (efficienza allocativa, che permette indirettamente di abbassare i prezzi), efficienza energetica e riduzione dell'impatto ambientale. In una fase precedente però l'intervento del regolatore (l'autorità per quanto di sua competenza, il governo per quanto da essa non coperto), è già necessario per arrivare a quella definizione delle regole del gioco, senza la quale le imprese non sono disposte ad investire.

Gli altri portatori di interesse indiretti. Si è visto nel capitolo 2 come in Europa la diffusione delle rinnovabili sia stato il driver principale della ricerca sulle smart grid. Va da sé dunque che le *lobby* ambientaliste sono favorevoli al progetto. La visione smart grid tra l'altro spinge per una maggiore autonomia energetica a livello locale, attraverso le microreti, generando un minor ricorso al trasporto a distanza in alta tensione. Al contrario i grandi impianti di produzione elettrica da fonti rinnovabili (dall'eolico off-shore alle grandi fattorie solari nel Sahara) implicano poi la costruzione di apposite linee per il trasporto dai luoghi di produzione a quelli di consumo, linee che vedono sempre una fortissima opposizione da parte delle associazioni ambientaliste e delle comunità locali toccate dalla linea. In generale si può dire che la generazione distribuita viene dunque incontro alle esigenze (di sicurezza, silenzio, estetica, rispetto dell'ambiente) dei residenti, mentre per i grandi impianti, quand'anche da fonti

¹⁶ Si veda per esempio la lista dei servizi offerta sul sito internet di CIE:

- Audit energetico
- Interventi finalizzati al risparmio energetico
- Attività in qualità di ESCo (Società di Servizi Energetici)
- Progettazione e realizzazione di sistemi di autoproduzione energetica
- Supporto tecnico ad attività in campo energetico delle Pubbliche Amministrazioni
- Progettazione e realizzazione di sistemi energetici territoriali integrati

rinnovabili e soprattutto nelle zone densamente abitate, risulta complessa la gestione dell'opinione pubblica.

Un gruppo completamente diverso di portatori di interesse indiretti è rappresentato dalle industrie attive nelle filiere emergenti che si vengono a incrociare con le smart grid, essenzialmente il settore degli elettrodomestici dell'arredo e della demotica (al limite anche della bio-edilizia) e quello dell'auto elettrica. In questo caso le interazioni con la smart grid sono evidenti, nel senso che la visione complessiva sulle reti intelligenti non è realizzabile senza la parallela innovazione nelle filiere elencate sopra, così come le smart grid permettono di integrare pienamente nella vita quotidiana le innovazioni delle altre filiere. Malgrado sia anche in tali settori diffusa la percezione di rappresentare un tassello all'interno di un disegno più grande, che non può essere realizzato in autonomia, la percezione ricavata dalle interviste è però che, a parte specifici progetti su altrettanto specifici dispositivi o tecnologie, si sia ancora ben lontani da un'integrazione delle visioni. I sentieri (tradotto in altri termini le partnership, i capitoli da cui attingere finanziamenti europei, il contesto culturale di riferimento) percorsi dalle imprese per la loro attività di ricerca e di innovazione sono diversi, spesso paralleli. Malgrado a livello europeo in campo smart grid si sia già molto lavorato per la costruzione di tavoli di consultazione e di partnership operative, questi non hanno ancora sistematicamente sconfinato negli ambiti settoriali limitrofi. Questo fa intuire come, anche se dal punto di vista strettamente tecnologico (in termini di tecnologia *hard* soprattutto) si sia ormai prossimi a una maturità che sembra indicare l'imminente ingresso sul mercato, la traduzione economica sia invece ancora molto lontana.

In conclusione si possono riassumere le aspettative che accomunano le varie tipologie di stakeholder e che ne rappresentano dunque l'interesse locale. Queste aspettative possono essere di tipo:

- *tecnico*: accresciuta affidabilità, sicurezza, più semplice manutenzione (fino al limite dell'auto-riparazione) e in generale maggiore standardizzazione con conseguente riduzione della manodopera, esente da rischi (per il benessere degli utilizzatori e dei residenti)
- *economico*: attraverso una maggiore efficienza dei mercati elettrici¹⁷ le smart grid dovrebbero contribuire a massimizzare il surplus totale del settore, ad abbassare i prezzi per i consumatori che potrebbero così approvvigionarsi a costi più bassi. A livello collettivo poi le smart grid contribuirebbero poi a ridurre le esternalità negative che caratterizzano l'attuale sistema (congestioni di rete, emissioni inquinanti e di CO₂, rischi di eventi disastrosi)
- *energetico*: le smart grid dovrebbero contribuire a ridurre il fabbisogno di combustibili fossili e la dipendenza energetica dall'esterno.

¹⁷ Si intende qui efficienza allocativa in senso economico, che può essere garantita solo da mercati realmente competitivi.

3.2 Il coinvolgimento nelle attività di ricerca

Benché le smart grid siano una tematica complessa e articolata, gli addetti ai lavori mostrano una buona conoscenza sullo stato dell'arte e sull'oggetto. Anche se ovviamente si nota una maggiore attenzione rivolta ad aspetti specifici del problema che risultano di interesse più immediato per la specifica tipologia di operatore.

Nemmeno negli attori più grossi (Enel Distribuzione) o in quelli istituzionali (Autorità Energia e Gas) si registra una presa in carico complessiva di tutti gli aspetti del problema. Se questo è comprensibile data la complessità della visione smart grid, resta peraltro anche preoccupante che non vi sia nel panorama nazionale alcun operatore che rappresenti un punto di sintesi, di coordinamento nella presa in carico totale. La motivazione che sembra emergere è quella della mancanza di competenza (per esempio l'Autorità correttamente nega la propria competenza sugli aspetti regolatori che riguardano la sicurezza e il funzionamento tecnico) ma resta anche latente l'idea che ogni soggetto si concentri su quanto gli interessa maggiormente. Questo è vero sia per la ricerca (ci si concentra su piccoli aspetti del problema), sia per l'implementazione pratica (si cercano primi campi in cui avviare piccole sperimentazioni che siano estremamente circoscritti e molto connessi al *core business* dell'impresa). Esistono dei tavoli di confronto (per esempio sulla ricerca di sistema, per evitare le sovrapposizioni, sulla regolamentazione tecnica), ma si sente la mancanza di una regia.

Il coinvolgimento delle imprese nella ricerca vera è propria: molto vario e molto correlato alla dimensione, in perfetta coerenza con la teoria economica. Ma diversa rispetto all'interpretazione teorica è la motivazione: i soggetti più piccoli (si tratta naturalmente di un piccolo relativo, rispetto alla dimensione degli altri attori in gioco) non sono limitati dalla mancata disponibilità di risorse da investire, quanto piuttosto dal non avere una taglia sufficiente per far emergere la propria voce sui tavoli che decidono.

Molto più diffuso il coinvolgimento delle varie tipologie di imprese nelle attività di innovazione. Abbiamo potuto constatare che tutti sono attivi su qualche aspetto. O quantomeno tengono all'erta attraverso la partecipazione piccoli progetti o attraverso il monitoraggio di incubatori o venture capital.

3.3 I nodi da sciogliere e le prospettive temporali

3.3.1 Rendere attiva la domanda

Le smart grid sono la tecnologia in grado di integrare pienamente come soggetto attivo il consumatore, che si avvia ad essere un soggetto più articolato, con consumi controllati a distanza, che avvengono in punti diversi rispetto al domicilio (attraverso per esempio

l'auto elettrica), e che a volte si trasforma in produttore, o delega la gestione dei propri acquisti a *energy manager* professionisti o a consorzi di acquisto.

Al presente però la domanda, inteso soprattutto come cliente domestico, non è ancora pronto a un ruolo attivo: è abituato da decenni a pagare una tariffa piatta a fronte della certezza di avere sempre la disponibilità dell'erogazione nel momento in cui si preme l'interruttore, ed è quindi indifferente ai problemi delle congestioni e del costo di generazione. Per il consumatore privato il *budget* dedicato all'elettricità non è così elevato rispetto al bilancio familiare da rendere interessanti azioni per risparmiare, attraverso il cambiamento di contratto o modificando i propri profili di carico. E' dubbio che un incentivo sul prezzo che conduca il consumatore a risparmi dell'ordine di 1.5-2 € al giorno, ovvero dell'ordine del 10% sulla bolletta, sia realmente motivante per l'utente finale. Invece i profili orari sono profondamente legati alle abitudini e ai ritmi di vita e di lavoro e sono quindi modificabili a fatica e solo grazie ad investimenti (in elettrodomestici o macchinari ad avvio differito o a controllo remoto). La domanda elettrica risulta quindi estremamente rigida, poiché anche sul lato dei clienti industriali, il profilo orario dei consumi è difficilmente modificabile a causa dei ritmi di lavoro contrattuale. Fra qualche tempo potremo valutare l'effetto dell'adozione obbligatoria delle tariffe multiorarie anche per le utenze domestiche.

Questa caratteristica oggettiva potrebbe dunque rallentare l'adozione diffusa del modello smart grid e l'esplicarsi completo dei suoi benefici. Ma la domanda rigida rappresenta uno snodo da sciogliere anche se osservata dalla prospettiva dell'offerta. C'è infatti un timore diffuso per una situazione in cui il cliente finale diventi un attore attivo del mercato. Si teme che questo possa rendere il sistema vulnerabile. Per difendersi da tale vulnerabilità, alcune normative tecniche attualmente impediscono di fatto di realizzare le smart grid, in quanto alcuni dispositivi non sono commercializzabili, e il prosumer in caso di problema deve essere obbligatoriamente distaccato, in quanto il conto energia non prevede la possibilità di accumulo.

L'offerta (questo è testimoniato principalmente da alcuni progetti Enel), preme per agire sulla domanda attraverso *Demand Side Management*. Si tratterebbe di sviluppare il mercato dei clienti interrompibili (clienti che accettano di veder ridotto il proprio flusso di energia quando le necessità del gestore del sistema lo richiedano, in cambio di condizioni economiche favorevoli). Questo è sicuramente un aspetto interessante sia per ridurre il ricorso, nei momenti di punta, a impianti produttivi inefficienti e costosi, che hanno un alto impatto ambientale e che fanno lievitare i prezzi di mercato, sia per fronteggiare emergenze di crisi, ma l'effetto dell'adozione delle smart grid sul lato della domanda non può certo limitarsi a ciò. Inoltre la presenza di microreti (terminali semi autonomi delle smart grid) renderebbero ancora più interessanti gli stessi contratti interrompibili che verrebbero ad avere un mercato più ampio.

Nella visione smart grid il concetto di domanda attiva è però ancora più profondo; il prosumer è un elemento attivo nel senso che può decidere quando consumare e quando

cedere energia al sistema in base a calcoli di convenienza economica. Questo è efficiente (cioè funziona) se il sistema dei prezzi è segnaletico, cioè è in grado di segnalare le scarsità. E questo è possibile grazie alla presenza congiunta di generatori da fonti rinnovabili, microgeneratori a gas (o da altre fonti non rinnovabili) ed accumulatori. Un sistema domestico (o industriale) di questo tipo non rende il sistema vulnerabile ma, anzi, ne aumenta l'affidabilità. Infatti il sistema dei prezzi incentiva l'utente finale a contribuire al sistema elettrico offrendo l'elettricità quando serve. Si ha un aumento di affidabilità sia in termini di l'affidabilità per l'utente finale (che ha un certo livello di autosufficienza a titolo singolo o di raggruppamento consorziato di utenti), sia in termini di contributo all'affidabilità del sistema locale e nazionale.

Occorre ribaltare la visione (che si percepisce come freno diffuso, che però rischia di tradursi in una volontà politica) per cui la microgenerazione distribuita sarebbe un pericolo perché aumenterebbe la complessità del sistema e lo renderebbe quindi più vulnerabile. Le reti intelligenti nascono proprio per governare l'accresciuta complessità del sistema. Il sistema stesso non ne uscirebbe modificato ma rivoluzionato. L'errore di prospettiva sta nell'applicare le nuove tecnologie a una visione del sistema che è vecchia e non più sostenibile.

3.3.2 La disponibilità dei dati

Le smart grid sono intelligenti appunto perché non agiscono con procedure meccaniche, ma elaborando grandi masse di informazioni, rese disponibili dall'applicazione al sistema elettrico delle innovazioni nel campo delle ICT. Risulta allora chiaro che la questione dell'accessibilità dei dati e la proprietà dei sistemi di elaborazione sia un punto critico per la realizzazione delle smart grid.

Fino ad oggi in qualsiasi progetto di ricerca e nelle innovazioni già adottate (es. i contatori intelligenti) sono stati utilizzati dei protocolli proprietari. Ma è chiaro che questo rappresenta una criticità con la quale è possibile creare ambiti chiusi alla concorrenza da cui deriva potere di mercato.

Il problema è che i piccoli operatori non hanno convenienza a sviluppare propri protocolli, mentre quelli un po' più grandi non ne hanno l'incentivo. Per affrontare tale problema d'ora in avanti l'Autorità finanzia progetti innovativi¹⁸ solo se usano protocolli *open access*. E' un inizio di soluzione e un segno della presa di coscienza di un problema che è stato segnalato da moltissimi *competitor*.

Anche da un punto strettamente hardware al momento la disponibilità pubblica dei dati è difficile. I contatori sono oggi in grado di effettuare misure molto sofisticate. Esistono varie opzioni tecnologiche (linea telefonica o ottica, la stessa linea elettrica attraverso

¹⁸ Si veda per esempio la nuova iniziativa che prevede di finanziare le utility, attraverso prelievi sulla tariffa, per realizzare progetti pilota (quindi sperimentazioni reali, seppur circoscritte, non simulazioni su pc o in laboratorio) di smart grid.

impulsi, tecnologie *wireless*) per la comunicazione dei dati. I contatori però sono di proprietà del distributore, che in via esclusiva ha la possibilità di accedere alle informazioni, non solo per titolo legale, ma anche perché concretamente non è prevista alcuna porta attraverso cui connettersi al contatore stesso (e manomettere un contatore è reato!). A valle i distributori poi utilizzano le potenzialità dei contatori solo in minima parte, per fatturare il reale anziché il presunto, perché mancano i sistemi centrali per gestire le informazioni in tempo reale. Se dunque la diffusione dei contatori intelligenti è stato un grande passo avanti, la loro integrazione in un sistema di rete intelligente richiede ancora molti passaggi, scelte fra opzioni tecnologiche e regolatorie (di chi sono i contatori?) fino al limite di richiedere l'installazione di una nuova generazione di contatori ¹⁹.

3.3.3 La sincronizzazione degli sforzi delle varie tipologie di attori

In questo paragrafo si vuole evidenziare quanto emerso in vari punti del capitolo. Le smart grid possono funzionare solo se tutti gli ingranaggi del sistema complesso sono pronti, attivi ed efficienti.

Le interviste hanno invece mostrato come gli attori siano pronti su aspetti specifici ma non sul complesso del problema e, soprattutto, non sono sincronizzati. Questo non emerge da una dichiarazione esplicita ma come una sensazione che sorge da molti sintomi: manca una regia oppure, se c'è, non si è ancora manifestata con azioni evidenti a tutti. Va richiamato che la scelta dell'Autorità (a cui d'istinto corre il pensiero pensando a un regista, anche se in realtà ciò non rientra nelle sue competenze) negli ultimi anni è stata in generale quella di passare da un'impostazione dirigista a una di concertazione. La pratica è diventata quella di adottare procedure basate su consultazioni aperte di tutti gli stakeholder. Il vantaggio di questa impostazione è che evita decisioni unilaterali che potrebbero rivelarsi non azzeccate se esistono problemi di asimmetria informativa, ma vi è lo svantaggio che l'azione appare meno incisiva a causa di un allungamento dei tempi per arrivare alle delibere.

Il problema dell'integrazione diviene ancora più acuto, quando si tratta di sincronizzare gli sforzi degli attori dei sistemi tecnologici contigui (auto e domotica). L'esempio interessantissimo del Centro Ricerche Fiat è stato illuminante in tal senso. Nel campo della ricerca sull'auto elettrica è ben chiaro che una visione puramente settoriale non è sufficiente e che occorre integrare l'auto elettrica in un contesto che la renda non solo ragionevolmente utilizzabile ma chiaramente conveniente dal punto di vista economico e della sua funzionalità. In tal senso CRF ha proposto un interessante progetto chiamato

¹⁹ L'idea potrebbe far inorridire in un momento in cui la diffusione dei contatori stessi è appena stata ultimata, ma si tenga presente che i primi contatori elettronici installati si sono ampiamente ripagati con i risparmi sui costi di fatturazione, che si sono poi anche ribaltati, con un meccanismo di *price-cap*, in risparmi per i consumatori.

“Internet of Energy” che di fatto include moltissimi elementi delle smart grid, ma che viaggia su binari completamente diversi: diversi sono i partner operativi e di ricerca, diversi i tavoli di confronto, diverse le fonti di finanziamento rispetto a quelle di riferimento della piattaforma smart grid. Prescindendo da ogni giudizio di merito, emerge però chiaramente la necessità che questi sforzi innovativi paralleli convergano in un unico punto prima di realizzare dei sistemi diffusi.

3.3.4 La ripartizione degli oneri (e degli incentivi) per l’investimento

Un aspetto specifico del problema della sincronizzazione è quello della ripartizione dell’onere di ammodernamento delle reti e di realizzazione delle smart grid. Certo non si deve pensare che le smart grid verranno realizzate attraverso un unico grande investimento simultaneo. Esse sfrutteranno piuttosto una serie di miglioramenti continui che vengono portati avanti sui sistemi. I contatori intelligenti sono un esempio che in Italia, unico paese al mondo, può dirsi concluso, l’automazione delle stazioni è un altro esempio che è attualmente oggetto di incentivazione da parte dell’Autorità.

Questo non toglie che si arriverà a un punto in cui sarà necessaria un’accelerazione e in cui saranno quindi necessari investimenti consistenti. Chi dovrà realizzarli e a chi andranno i benefici? Chi lo decide? Chi mette gli incentivi o chi impone gli obblighi? Di nuovo emerge nettamente l’esigenza di una chiara volontà politica e, di conseguenza di una regia dotata di poteri (o rappresentanza adeguata).

3.3.5 Avviare le prime sperimentazioni reali

I dispositivi sono pronti o quasi, molte simulazioni sono state fatte, ma per ora le smart grid sono ancora sulla carta. In effetti finora nessuna sperimentazione reale è stata fatta, anche per l’impossibilità di trovare contesti concreti in cui sussistessero le condizioni tecnologiche per avviare progetti pilota. L’unico paese in cui sia possibile immaginare delle applicazioni reali è l’Italia, grazie alla diffusione dei sistemi di misura e di automazione avanzata che si appoggiano a una rete comunque di eccellenza. Vedremo l’esito della chiamata fatta dall’autorità per l’avvio di progetti pilota in aree in cui si verifichino anche minime inversioni nei flussi (cioè in cui la distribuzione dell’elettricità non avvenga unilateralmente in un processo tradizionale a cascata). Il numero di domande presentate sarà un termometro reale della maturità della tecnologia e del livello di coinvolgimento degli operatori. Gli esiti della sperimentazione saranno invece in grado di fornire indizi illuminanti sugli scenari e sulla tempistica futura.

3.3.6 I tempi

C'è abbastanza consenso sul fatto che la tecnologia *hard* sia abbastanza matura, che non occorra più molta ricerca di base, in particolare nel campo dei dispositivi. Questo però non significa che i tempi siano maturi per l'implementazione. Tutti concordano nel dire che è presto e che i tempi per avviare i primi progetti pilota e per arrivare alle prime sperimentazioni su ampia scala saranno ancora lunghi.

La natura sistemica di questa tecnologia rende difficile decidersi a fare il primo passo, per cui tutti aspettano all'erta (eccetto ENEL naturalmente che è stata fin da principio un attore chiave nel determinare la posizione europea sulle smart grid).

In realtà, nonostante le dichiarazioni di assoluto attendismo, tutti hanno qualcosina in gioco: piccole ricerche o sperimentazioni, partecipazioni in imprese su aspetti o segmenti particolari, collaborazione con venture capital. Su alcuni tasselli (il conta energia, cioè il dispositivo per visualizzare in tempo reale i consumi e per stimarne il costo, è l'esempio più eclatante) c'è un'iperattività, quasi una gara all'innovazione. E' come se si cercasse di fare palestra su cose poco rischiose, ma nessuno azzarda a mettere ordine fra le tessere del mosaico.

Gli attori intervistati sono restii a fare previsioni, anche perché gli eventi potrebbero subire accelerazioni improvvise, ma oscillano comunque fra termini medi (cinque anni) e lunghi (dieci anni).

3.4 Problematiche regolatorie

La regolamentazione è un problema. Anzi due. C'è un problema di regolamentazione degli assetti di mercato e un problema di regolamentazione tecnica e di sicurezza. La questione è talmente rilevante che merita un approfondimento a parte.

Sia la regolamentazione del mercato, sia la serie di norme tecniche che regolano il funzionamento del sistema sono quelle disegnate per il vecchio modello di mercato elettrico con flussi unidirezionali a cascata.

Il sistema sta passando (non è una decisione ma un'evidenza della realtà) da un assetto con flussi elettrici unidirezionali e a cascata, a uno complesso, con inversioni di flusso e presenza di interscambi fra ogni livello del sistema.

Nel vecchio scenario tutta la generazione è a monte nello stadio di alta tensione, con l'unica eccezione di pochi grandi autoproduttori, i cui termini tecnici e di prezzo di immissione nella rete delle eccedenze erano contrattati bilateralmente. Nello scenario smart grid, la generazione avviene a tutti i livelli di tensione, vi sono interscambi - all'interno dei livelli e fra i livelli - non unidirezionali. L'aleatorietà dei flussi immessi

con le rinnovabili è in parte compensata dai sistemi di accumulo. L'aleatorietà della direzione dei flussi è un problema che le attuali reti non sono in grado di gestire.

Entrambi i tipi di regolamentazione risultano quindi, allo stato attuale, inadeguate e si trasformano in un ostacolo alla realizzazione concreta delle smart grid. Non c'è da sorprendersene. Le smart grid sono una rivoluzione nel modo ordinato dei sistemi elettrici verticali che impone un cambiamento delle regole del gioco a tutti i livelli.

Il cambiamento nella regolamentazione è inevitabilmente lento. Difficile infatti identificare la strada. Quale standard, quale assetto stabilire per una traiettoria tecnologica che è ancora indefinita (non nei suoi aspetti tecnici, ma in quelli di realizzazione)? Non è ancora possibile trovare un ordine per qualcosa che c'è, ma occorre prevedere un assetto istituzionale che possa funzionare per qualcosa che non conosciamo ancora in tutti gli aspetti. Per farlo occorre una concertazione con tutti gli stakeholder, occorre un'armonizzazione europea (per evitare investimenti che si rivelino poi inutili se la regolamentazione europea differisce da quella nazionale).

Occorre però anche che le istituzioni abbiano chiaro che l'assenza o inadeguatezza della regolamentazione è un freno. Se non si parte su questo fronte, gli unici che rischiano a investire sono i grandi ex monopolisti, il cui ruolo verrebbe ancora una volta rafforzato (lasciando che siano loro a stabilire lo standard e a godere degli altri vantaggi di *first comer*). Non è escluso che questa sia l'unica strada (se è impossibile dire a priori la traiettoria di un paradigma, conviene che siano gli attori economici a stabilirla, piuttosto che forzarla in argini predefiniti). Il costo è il rafforzamento del potere di mercato dell'ex monopolista, il vantaggio è arrivare in tempi rapidi all'introduzione sui mercati del modello smart grid con i relativi vantaggi.

3.5 Alcune considerazioni conclusive

Abbiamo iniziato questo lavoro di ricerca domandandoci se le smart grid siano oggi solo una visione, qualcosa di molto simile a un sogno, una traiettoria di ricerca, cioè qualcosa su cui si sta lavorando ma che non è ancora pronto, o una prospettiva di sviluppo, cioè un campo in cui le imprese possano già investire con la prospettiva di realizzare profitti in tempi medi o brevi.

Sicuramente i paragrafi precedenti aiutano a rispondere a tale interrogativo. Sicuramente il tempo delle ipotesi e degli scenari di massima è ormai superato, ma le imprese paiono ancora restie a lanciarsi nell'avventura, per tutte le criticità elencate nei paragrafi precedenti. Se tali motivazioni paiono più che sufficienti per giudicare un atteggiamento di prudenza, non di meno il fatto di trovarsi su un territorio che è la punta di diamante mondiale dovrebbe essere sfruttata come elemento competitivo.

In effetti la posizione relativa dell'Europa è già favorevole:

- parte da una situazione dei sistemi elettrici più avanzata
- fa del tema ambientale il proprio cavallo di battaglia politico (Kyoto)
- vede una spartizione di competenze (e future aree di business) che se da un lato rappresenta una limitazione dall'altro può divenire anche un'indicazione da seguire
- ha investito molto in ricerca e in creazione di *network* che costituiscono un'ottima base di partenza (anche se è difficile inserirvisi per gli *outsider*) nella fase di avvio operativo delle reti e di definizione degli standard
- ha portato la tecnologia sui dispositivi a un livello di maturità molto avanzato
- anche se è ancora immatura la tecnologia sulla gestione delle reti (anche per la mancanza di un ambito su cui fare sperimentazioni reali).

In tale contesto emerge ulteriormente la posizione relativa dell'Italia che:

- parte da un livello tecnologico del proprio sistema elettrico molto avanzato
- vede alcuni propri attori ben inseriti in alcuni giochi internazionali
- anche se in altri è tagliata fuori da lobby più potenti (eolico)
- è l'unico paese pronto per sperimentazioni reali (installazione quasi completa dei contatori intelligenti e di altri dispositivi di automazione)

Se oggi negli USA si sta investendo moltissimo sulle smart grid, quanto investito in passato e tuttora dall'UE non è da meno, e si deve tener conto che una parte sostanziosa del budget statunitense dovrà essere destinata a coprire il *gap* infrastrutturale per il rinnovamento delle reti e degli impianti di generazione.

A fronte di tali condizioni favorevoli, la posizione degli attori economici è più di attendismo perché, se la sensazione che la tecnologia è matura è diffusa, nessuno vuole fare il primo passo per le molte criticità, per la difficoltà a prevedere gli scenari (standard), e per la natura sistemica della tecnologia

APPENDICE 1: OPPORTUNITÀ E LIMITI DI APPLICAZIONE ECONOMICA

Questa appendice è dedicata all'analisi di alcune opportunità di sviluppo di business che derivano dalla rassegna precedente. L'elenco non sarà sicuramente esaustivo, sia per la competenza del team di redazione sulla scienza e non sull'iniziativa imprenditoriale, sia perché riteniamo inutile coprire, per una sterile esaustività, campi, relativi allo sviluppo dei vari dispositivi, che discendono immediatamente dai risultati di ricerca e che sono palesemente presidiati dalle imprese che hanno svolto i progetti innovativi.

Prodotto/servizio	Sistema ²⁰	Cliente	Competenze e conoscenze richieste	Criticità
<i>Raccolta e archiviazione delle informazioni dagli smart meter.</i> Attualmente i contatori intelligenti sono in grado di misurare i consumi in tempo reale, ma tali informazioni non vengono né trasmesse, né raccolte dal soggetto titolare dell'attività di misura, il distributore. Occorre un supporto alla creazione di strumenti per la gestione delle informazioni di misura.	D	DSO (Distribution system operator)	<ul style="list-style-type: none"> - creazione di data-base mirati - conoscenze sulle funzionalità degli smart meter - protocolli e sistemi di comunicazione adottati - conoscenze sulle potenzialità di utilizzo di tali informazioni 	<ul style="list-style-type: none"> - mancanza di incentivi (il DSO dovrebbe sostenere l'investimento per la creazione dei DB, senza però averne l'interesse in quanto egli gestisce solo la rete a tariffa e non ha attività commerciale. Dunque il mercato nascerà o in seguito a obblighi imposti dall'AEEG o a valle, soprattutto per i gruppi integrati verticalmente. - Incertezza tecnologica. Ad oggi non è ancora chiaro quale standard di comunicazione verrà adottato per trasmettere le info in tempo reale: impulsi sulla rete elettrica, tecnologia wireless o rete di comunicazione parallela - Possibile concorrenza da parte di chi sviluppa lo smart meter

²⁰ Legenda G = Generazione
 D = Distribuzione
 U = Utilizzo

Il riferimento è alla suddivisione in sistemi fisici citata nel primo capitolo. Il sistema di trasmissione non è presente con nessun caso nella tabella in quanto poco probabile che Wave possa contribuire con consulenze alla riorganizzazione del sistema di trasmissione, che richiede prevalentemente specifiche competenze elettrotecniche. La fase economica della vendita è invece inclusa nell'utilizzo, in quanto essendo una pura attività commerciale, non fa riferimento a un sistema fisico proprio.

<p><i>Datawarehouse, gestione del portfolio clienti, supporto allo sviluppo di strategie commerciali (simulazione di scenari, segmentazione del mercato e clusterizzazione dei clienti).</i> I dati sui consumi sono importantissimi per le imprese, che a partire da essi possono sia migliorare la propria gestione dei clienti, sia impostare servizi personalizzati a valore aggiunto. Occorre predisporre strumenti per una gestione user friendly delle enormi moli di dati disponibili, e dotati di funzionalità specifiche per le esigenze dell'impresa: semplice gestione amministrativa, supporto alle decisioni strategiche su politiche commerciali (valutazione delle offerte commerciali), di approvvigionamento, di investimenti.</p>	U	Venditori	<ul style="list-style-type: none"> - informatiche - conoscenze sul funzionamento del mercato elettrico - in alcuni casi consulenza organizzativa 	<ul style="list-style-type: none"> - Questi servizi presuppongono la disponibilità di dati affidabili e di qualità. Questi dati non sono ad oggi divulgati dal DSO (vedi sopra). Occorre attendere un cambiamento del sistema di misura o dotare i clienti del venditore di dispositivi di misura e comunicazione supplementari. - Concorrenza: molti broker di energia (venditori puri) dispongono già di sistemi di analisi simili con cui conquistano i propri clienti. Potrebbero diversificare in una nuova linea di business
<p><i>Counseling energetico.</i> Settore già emergente di servizi per i consumatori. Si compone di un audit energetico, di una prospezione sulle tariffe disponibili sul mercato e di un supporto alla scelta dell'opzione migliore (eventualmente anche di un supporto all'investimento e al finanziamento agevolato se si opta per trasformare il consumatore in prosumer).</p>	U	Consumer/prosumer	<ul style="list-style-type: none"> - costante attività di repertoriamento delle offerte commerciali - capacità di creare profili di consumo 	<ul style="list-style-type: none"> - richiede misure precise del profilo di consumo del cliente (possibile attraverso apposite apparecchiature da installare durante l'audit) - esiste già un'iniziale (ancorché incompleta) concorrenza da parte di imprese specializzate nell'installazione di impianti rinnovabili chiavi in mano e da parte delle associazioni di categoria o dei gruppi di acquisto. Esiste anche una unilaterale attività svolta dai venditori., a scopo commerciale, ma è una visione di parte. Un soggetto indipendente potrebbe fornire un servizio più apprezzato.

<i>Supporto alla creazione e gestione di prosumer pool. Le smart grid prevedono la nascita di microreti per il singolo prosumer e fra prosumer di una stessa area. La gestione integrata di tali microreti locali comporterà probabilmente la nascita di soggetti imprenditoriali specializzati.</i>	U	Consumer/ prosumer	<ul style="list-style-type: none"> - elettrotecniche - informatiche - conoscenza del mercato elettrico e delle opportunità di compravendita 	<ul style="list-style-type: none"> - presuppone l'esistenza delle smart grid - occorre ancora sensibilizzare il mercato a questa opportunità
<i>Strumenti per lo sfruttamento ottimale di un certo piano tariffario. Con l'avvento del mercato le opzioni contrattuali si vanno moltiplicando: tariffe multiorarie, interrompibilità, sconti se non si superano certe soglie... Occorre sviluppare strumenti per aiutare il consumatore a sfruttare al meglio l'opzione selezionata.</i>	U	Consumatore	<ul style="list-style-type: none"> - Software (il sistema che individua situazioni problematiche e consiglia la strategia) - Hardware (il sistema che misura i consumi e che supporta la comunicazione) 	<ul style="list-style-type: none"> - Occorre una partnership con una delle molte imprese che hanno sviluppato o stanno sviluppando apparecchi di misura e gestione degli apparecchi elettrici dell'utente a valle del contatore.
<i>Strumenti finanziari per il supporto agli investimenti e alla gestione del rischio nel settore delle SG. Analisi tecnico-economica di possibilità di investimento (proposte da soggetti vari o da scouting, interno con coinvolgimento di enti/imprese/privati), ricerca e garanzia dei finanziamenti, pubblici o privati, analisi del rischio.</i>	G/D/U	Investitori	<ul style="list-style-type: none"> - Finanziarie - Assicurative - Di consulenza 	<ul style="list-style-type: none"> - Attività nuova a sostegno di un settore nuovo. - Scarso sviluppo (quantitativo e qualitativo) del mercato del venture capital (e servizi connessi) in Italia

APPENDICE 2: LISTA DEGLI ACRONIMI

ACER : Cooperazione fra i Regolatori nazionali per l'Energia

AEEG : Autorità per l'Energia Elettrica e il gas

AT - MT- BT : alta, media e bassa tensione

CAES : Compressed Air Energy Storage (accumulo con aria compressa)

CNR: Consiglio Nazionale delle Ricerche

DERs : Distributed Energy Resources (Risorse energetiche distribuite)

DERRI : Distributed Energy Resources Research Infrastructure

DII : Desertec Industrial Initiative

DIET : Dipartimento di Ingegneria Elettrica, Elettronica e delle Telecomunicazioni

DSO : Distribution System Operator

EEGI : European Electricity Grid Initiative

EEI : European Engineering Initiatives

EERA : European Energy Research Alliance

EES : Electrical Energy Storage (Accumulo di energia elettrica)

ENEA: Agenzia nazionale per le nuove tecnologie, l'energia e lo sviluppo economico sostenibile

EPRI : Electric Power Research Institute

ENTSOE: l'associazione degli operatori della rete di trasmissione Europea

ERGEG: Associazione dei Regolatori Europei per l'Elettricità ed il Gas

ERSE: ENEA - Ricerca sul Sistema Elettrico S.p.A.

ETPs: European Technology Platforms

EWEA : European Energy Wind Association

DoE: Department of Energy (USA)

FACTS : Sistemi di Trasmissione Flessibili in Corrente Alternata

GD : Generazione Distribuita

IEEE1547TM : Standard for interconnecting distributed resources with electric power systems

IREN : Integration of Renewable Energy Sources and Distributed Generation into the European Energy Grid

ICT : Information and communication technologies (tecnologie dell'informazione e delle comunicazioni)

IT: Information technologies (tecnologie informatiche)

ITAIE : Istituto di Tecnologie Avanzate per l'Energia

MW : megawatt

NaS : solfuro di zolfo

NO_x : ossidi di Azoto

PHEVs : plug-in hybrid electric vehicles (veicoli ibridi elettrici)

RdS : Ricerca di Sistema

RSE: ENEA - Ricerca sul Sistema Energetico S.p.A.

SET : Strategic Energy Technology

SISTERS : Sistema Integrato di Solare Termodinamico e altre Energie Rinnovabili in una Smart grid

SMES : Superconducting Magnetic Energy Storage (Accumulo di energia magnetica mediante superconduttori)

SO_x : ossidi di zolfo

TES : Thermal Energy Storage (accumulo di energia termica)

TSO : Transmission System Operator

BIBLIOGRAFIA

- AA.VV (2006) Atti del Midwest Summit "Modern Grid Initiative", Columbus, OH, Nov. 15-16, 2006
- Amin M. (2000), *National infrastructures as complex interactive networks*, in Automation, Control, and Complexity: An Integrated Approach, T. Samad and J. Weyrauch, Eds. New York: Wiley, 2000, ch. 14. pp. 263–286.
- Amin M. (2001), *Toward self-healing infrastructure systems*, IEEE Computer, vol. 33, no. 8, pp. 44–53, Jan. 2001.
- Amin M. (2003), Project Manager, *Complex Interactive Networks/Systems Initiative: Final Summary Report*, Final Report for Joint EPRI and U.S. Department of Defense University, March 2003
- Amin M. e B. F. Wollenberg (2005) *Toward A Smart Grid*, IEEE Power & Energy Magazine, Vol. 3, No.3, pp. 34-41, Settembre 2005.
- Amin M. *Making the Electric Grid Smarter, Stronger, Greener and More Secure*, <http://smartgridlearninginstitute.com>
- ARRA, (2009) Congress of the United States of America, *American Recovery and Reinvestment Act of 2009*. February 2009, [en.wikipedia.org/.../American Recovery and Reinvestment Act of 2009](http://en.wikipedia.org/.../American_Recovery_and_Reinvestment_Act_of_2009)
- Brazai, (2009) Miklos Brazai, KPMG, *3rd Energy Package of the EU and its practical implications*, 30 Sept. 2009, kpmgsk.lcc.ch/dbfetch/.../3rd_energy_package.pdf
- EISA, (2007) Congress of the United States of America, *Energy Independence and Security Act of 2007*, 19 December 2007
- DESERTEC (2010) *DESERTEC Industries - Energy from Deserts*, Munich, Germany, 2010 <http://www.dii-eumena.com/>
- Directorate-General for Research, Sustainable Energy Systems (2005), *Toward Smart Power Networks: lessons learned from FP5 projects*, EUR Report 21970, 2005, http://ec.europa.eu/research/energy/eu/publications/index_en.cfm
- Economist (2002a), *SURVEY: DIGITAL SECURITY - Digital security, once the province of geeks, is now everyone's concern*, Tom Standage, Oct 24th 2002, The Economist print edition.
- Economist (2002b), *SURVEY: DIGITAL SECURITY - The mouse that might roar: Cyber-terrorism is possible, but not very likely*, Oct 24th 2002, The Economist print edition.
- ERGEG, European Regulators Group on Electricity and Gas (2009), *Position Paper on Smart Grids - an ERGEG Public Consultation Paper*, Ref: E09-EQS-30-04, 10 December 2009, www.energy_regulators.eu/portal/page/portal/EER_HOME/EER_CONSULT/CLOSED%20PUBLIC%20CONSULTATIONS/ELECTRICITY/Smart%20Grids
- EEGI (2010), *European Electricity Grid Initiative Roadmap and Implementation plan*, May 25th 2010, Version V2, <http://www.entsoe.eu/index.php>
- ETP (2006), European Technology Platform SmartGrids, *Vision and Strategy for Europe's Electricity Networks of the Future*, EU Report 22040, published by the Luxembourg Office for Official Publications of the European Communities, 2006, ISBN 92-79-01414-5
- ETP (2007), European Technology Platform SmartGrids, *Strategic Research Agenda For Europe's Electricity Networks Of The Future*, Directorate-General for Research, EUR Report 22580, 2007, http://www.smartgrids.eu/documents/sra/sra_finalversion.pdf

- ETP (2010), European Technology Platform SmartGrids, *Strategic Deployment Document for Europe's Electricity Networks of the Future*, April 2010, <http://www.smartgrids.eu/?q=node/65>
- European Commission (2009), Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions on Investing in the Development of Low Carbon Technologies (SET-Plan) - A Technology Roadmap - COM(2009) 519 final, <http://europa.eu/rapid/pressReleasesAction.do?reference=IP/09/1431&format=HTML&aged=0&language=en&guiLanguage=en>
- EWEA (2010) *European Wind Initiative: Europe launches ten year research and development plan for wind energy*, [http://www.ewea.org/index.php?id=60&no_cache=1&tx_ttnews\[tt_news\]=1848&tx_ttnews\[backPid\]=259&cHash=8da872f7b88bcb3e4cfc9e2e71b93495](http://www.ewea.org/index.php?id=60&no_cache=1&tx_ttnews[tt_news]=1848&tx_ttnews[backPid]=259&cHash=8da872f7b88bcb3e4cfc9e2e71b93495)
- Gallanti M. (2010), *Rapporto di sintesi del Progetto: Ricerche su reti attive, generazione distribuita e sistemi di accumulo*, Marzo 2010. Apparirà presto su: (<http://www.rse-web.it/progetti>)
- Gellings C. W. (2009), *The Smart Grid, Enabling Energy Efficiency and Demand Response*, The Fairmont Press, Lilburn.
- Il Sole 24 ore (2010a) - Giuseppe Caravita, *Obiettivo rete intelligente*, <http://www.ilsole24ore.com/art/SoleOnline4/dossier/Economia%20e%20Lavoro/risparmio-energetico/frontiere/enel-energia-elettricit%C3%A0-bidirezionale.shtml?uuid=07c49336-3586-11df-af19-fb5280f1a15c>
- Il Sole 24 ore (2010b) – Jacopo Giliberto, *Al via il consorzio per le reti intelligenti. Per l'Italia c'è Prysmian*, <http://www.ilsole24ore.com/art/SoleOnline4/dossier/Economia%20e%20Lavoro/risparmio-energetico/business/consorzio-smart-grid.shtml?uuid=918dc1c8-2b54-11df-9e06-f0245f3b8bda&DocRulesView=Libero>
- Litos Strategic Communication (2003) *Consumer Advocates – One of Six Smart Grid Stakeholder Books*, Report prepared for the U.S. Department of Energy under contract No. DE-AC26-04NT41817, Subtask 500.01.02,.
- NETL (2010) National Energy Technology Laboratory *Smart Grid Principal Characteristic Enables New Products, Services, and Markets*, DOE/NETL-2010/1401, February 4, 2010, www.netl.doe.gov
- Smart Grid Learning Institute (2010), *Smart Grid 101*: <http://smartgridlearninginstitute.com/>
- Stern N. (2006). *Stern Review Report on the Economics of Climate Change*, HM Treasury. http://www.hm_treasury.gov.uk/d/CLOSED_SHORT_executive_summary.pdf. Retrieved 2009-05-20.
- TRANSGREEN (2010) TRANSGREEN : a planned network of power lines under the Mediterranean, <http://desertec-mediterranee.over-blog.com/pages/>
- (US DoE, 2003) United States Department of Energy, Office of Electric Transmission and Distribution, GRID 2030 - A national vision for electricity's second 100 years, Transforming the Grid to Revolutionize Electric Power in North America, July 2003, <http://www.oe.energy.gov/smartgrid.htm>
- (US DoE, 2009) US Department of Energy, *Smart Grids: an Introduction*, prepared for the U.S. Department of Energy by Litos Strategic Communication under contract No. DE-AC26-04NT41817, Subtask 560.01.04, <http://www.oe.energy.gov/SmartGridIntroduction.htm>